



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CARGA DE NUTRIENTES Y
PATÓGENOS DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SOMOTO.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Marcos Antonio Betanco

Tutor

MSc. Henry Javier Vílchez Pérez

Managua, Diciembre 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE CARGA DE NUTRIENTES Y
PATÓGENOS DEL NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SOMOTO.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Marcos Antonio Betanco

Tutor

MSc. Henry Javier Vílchez Pérez

Managua, Diciembre 2018

Dedicatoria

Este trabajo investigativo está dedicado:

Primeramente, a **Dios**, por darme sabiduría, entendimiento y sobre todo fortaleza, para luchar y nunca darme por vencido, y así alcanzar mis metas con éxito.

A **mi familia**, principalmente a mi madre y a mis hermanas, por siempre creer en mí y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

A los **maestros**, que compartieron sus conocimientos y nos guiaron durante los cinco años que duró la carrera.

A **mis compañeros de estudio**, grupo que en todo este tiempo se caracterizó por su unidad, compañerismo, dedicación y perseverancia, lo que nos permitió superar los obstáculos presentados a lo largo de esos años.

MARCOS ANTONIO BETANCO

Agradecimientos

Agradezco a **Dios**, por guiarme siempre por el camino correcto, por permitirme llegar hasta este momento, y por darme la sabiduría para tomar las mejores decisiones.

De forma muy especial, le agradezco al **MSc. Henry Javier Vílchez Pérez**, tutor de esta investigación, que con su dedicación y esfuerzo me ha sabido guiar en la realización de este estudio, brindando siempre su apoyo y sus útiles consejos.

A **mi familia**, por ser la principal motivación en todos los proyectos que me propongo, agradeciendo todo el sacrificio y esfuerzo que realizan por mí y por mi bienestar.

De manera particular agradezco a todas las personas que estuvieron involucradas de una u otra manera a la realización de este estudio, ya que sin ellos no hubiese sido posible la culminación del mismo.

¡Que Dios les bendiga, muchas gracias!

MARCOS ANTONIO BETANCO

ÍNDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
CAPITULO II. MARCO TEORICO	8
2.1 Aguas residuales	8
2.1.1 Generalidades	8
2.1.2 Características de las aguas residuales	8
2.1.2.1 Características físicas	8
2.1.2.2 Características químicas	9
2.1.2.3 Características biológicas	9
2.1.3 Tipo de tratamiento de aguas residuales domesticas	10
2.1.3.1 Tratamiento preliminar	10
2.1.3.2 Tratamiento primario	11
2.1.3.3 Tratamiento secundario	12
2.2 Lagunas de estabilización	12
2.2.1 Generalidades	12
2.2.2 Ventajas y desventajas de las lagunas de estabilización	13
2.2.3 Procesos que se desarrollan en las lagunas de estabilización	14
2.2.3.1 Bacterias formadoras de acido	14
2.2.3.2 Bacterias patógenas	15
2.2.3.3 Bacterias purpuras sulfúreas	15
2.2.3.4 Algas	15
2.2.4 Coloración	16
2.2.5 Mantenimiento de las lagunas de estabilización	17
2.3 Nutrientes	17
2.4 Organismos Patógenos	18
2.5 Carga orgánica	18
2.6 Gases de Efecto Invernadero (GEI)	19

2.6.1 Metano (CH ₄)	19
2.6.2 Inventario nacional de gases de efecto invernadero (CMNUCC).....	20
2.6.3 Manual de buenas prácticas de la IPCC, 2006	20
2.6.3.1 Total de materia orgánica (TOW).....	21
2.6.3.2 Componente orgánico (S)	21
2.6.3.3 Fracción de la población (Ui)	21
2.6.3.4 Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento (Tij)	22
2.6.3.5 Valor de emisión (EFj).....	22
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	24
3.1 Descripción del área de estudio.....	24
3.2 Servicios básicos del municipio de Somoto	25
3.2.1 Agua y saneamiento	25
3.2.2 Manejo de residuos sólidos.....	26
3.3 Actividad económica	26
3.4 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	27
3.4.1 Tratamiento preliminar	27
3.4.2 Tratamiento primario	30
3.4.3 Tratamiento secundario	33
3.4.3.1 Vertederos de demasías	37
3.4.4 Presencia de animales en el STAR de Somoto	38
3.4.5 Efluente general STAR de Somoto	39
3.4.6 Condiciones físicas de operación y mantenimiento del STAR Somoto.....	40
CAPITULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO	44
4.1 Tipo de investigación	44
4.2 Procedimiento	44
4.2.1 Primera etapa	44
4.2.2 Segunda etapa.....	45
4.2.2.1 Medición de caudales	45
4.2.2.1.1 Ficha de campo.....	46
4.2.2.2 Determinación del tiempo de retención.....	47
4.2.2.2.1 Balance hídrico	47
4.2.2.2.2 Periodo de retención	48
4.2.3 Tercera etapa.....	48
4.2.3.1 Recolección y preparación de muestra	48

4.2.3.2 Toma de muestras en campo	51
4.2.3.4 Parámetros físico químicos evaluados.....	52
4.2.4 Cuarta etapa	52
4.2.4.1 Regulaciones ambientales	52
4.2.4.1.1 Análisis del Decreto 33 – 95 y del Decreto 21 – 17.....	52
4.2.4.2 Coliformes fecales.....	53
4.2.4.3 Nutrientes.....	54
4.2.4.3.1 Determinación de carga de nutrientes en función del fósforo	54
4.2.4.4 Determinación de las eficiencias en el STAR	55
4.2.5 Quinta etapa	55
4.2.5.1 Determinación de la carga orgánica.....	55
4.2.5.1.1 Determinación de carga orgánica total.....	55
4.2.5.1.2 Determinación de carga orgánica per cápita.....	56
4.2.5.1.3 Determinación de la carga orgánica superficial.....	56
4.2.6 Sexta etapa	58
4.2.6.1 Determinación de los gases de efecto invernadero (GEI).....	58
4.2.6.1.1 Determinación de metano por medio del método de examen	58
4.2.6.1.2 Determinación de la emisión de metano por el método de recopilación de datos	59
CAPITULO V. RESULTADOS.....	65
5.1 Aporte, distribución y variación de caudales	65
5.2 Determinación del caudal de la laguna mediante el balance hídrico	68
5.2.1 Determinación del periodo de retención.....	68
5.3 Resultados de análisis físicos – químicos del STAR	69
5.4 Determinación de carga de nutrientes (fósforo total)	70
5.5 Determinación de carga de patógenos (coliformes fecales)	74
5.6 Determinación de las eficiencias del STAR.	77
5.7 Determinación de carga orgánica	78
5.7.1 Determinación de la carga orgánica total y carga orgánica per cápita.....	78
5.7.2 Determinación de la carga orgánica superficial aplicada	79
5.8 Determinación de gases de efecto invernadero (GEI)	82
5.8.1 Determinación del metano por medio del método de examen	82
5.8.2 Determinación del metano por el método de recopilación de datos.....	84
5.8.3 Comparación del método de examen y el método de recopilación de datos, para las emisiones de metano	88

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
6.1 Conclusiones	90
6.2 Recomendaciones	92
CAPITULO VII. BIBLIOGRAFIA	94
7.1 Bibliografía	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Ventajas y desventajas del uso de las lagunas de estabilización.....	13
Tabla 2.- Emisión anual de GEI en Nicaragua, 2000.....	20
Tabla 3.- Estado de tubería de conducción	33
Tabla 4.- Condiciones de operación y mantenimiento por cada fase de tratamiento	40
Tabla 5.- Cronograma del aforo del STAR	46
Tabla 6.- Aforo de los caudales	47
Tabla 7.- Muestreo	49
Tabla 8.- Ubicación, espécimen y periodo de muestras	50
Tabla 9.- Parámetros físico-químicos y bacteriológicos	52
Tabla 10.- Valores máximos permisibles por el Decreto 33 – 95 y 21 – 2017	53
Tabla 11.- Capacidad máxima de producción de Metano.....	62
Tabla 12.- Valores MCF por defecto para las aguas residuales domésticas	62
Tabla 13.- Datos históricos del caudal en el afluente del STAR de Somoto.....	67
Tabla 14.- Caudal de la laguna mediante el balance hídrico	68
Tabla 15.- Periodo de retención hidráulico TRH.....	69
Tabla 16.- Resultados promedios del monitoreo de muestras.....	69
Tabla 17.- Resultados de fósforo total vs Decreto 21-2017 en cada fase de tratamiento	70
Tabla 18.- Carga de nutrientes en función del fósforo	72
Tabla 19.- Valores promedios de afluente y efluentes, vs Decreto 33-95	74
Tabla 20.- Valor promedio de coliformes fecales en el efluente vs limite y periodo establecido por el Decreto 21-17	75
Tabla 21.- Valores históricos de coliformes fecales en el efluente del STAR de Somoto.....	76
Tabla 22.- Eficiencias en el afluente y efluente general del STAR	77
Tabla 23.- Carga orgánica total a tratar en función de DBO ₅	78
Tabla 24.- Carga superficial máxima	80
Tabla 25.- Carga orgánica aplicada real.....	80
Tabla 26.- Remoción esperada de materia orgánica.....	81
Tabla 27.- Emisión de metano por el método de examen	82
Tabla 28.- Total de materia degradable (TOW)	84
Tabla 29.- Factor de emisión CH ₄	85
Tabla 30.- Emisión de metano (CH ₄) por el método de recopilación de datos	86

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Macro localización y micro localización	24
Ilustración 2.- Fosa de secado de lodos del desarenador	29
Ilustración 3.- Estación de área de secado de lodos	32
Ilustración 4.- Natas en laguna primaria.....	35
Ilustración 5.- Coloración rojiza en laguna secundaria	36

Ilustración 6.- Obstrucción de tortugas en canales de conducción	37
Ilustración 7.- Vertederos de demasías.....	37
Ilustración 8.- Presencia de animales domésticos en el STAR de Somoto	38
Ilustración 9.- Material usado para la extracción de las muestras.....	50
Ilustración 10.- Rotulación de las muestras.....	51
Ilustración 11.- Preservación de la muestra	51

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1.- Tratamiento preliminar	28
Esquema 2.- Tratamiento primario	31
Esquema 3.- Tratamiento secundario	34
Esquema 4.- Efluente general del STAR.....	39
Esquema 5.- Puntos de la toma de muestras en el STAR	49
Esquema 6.- Elección según el método del examen de la IPCC	58
Esquema 7.- Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH ₄ procedentes de las aguas residuales domésticas	60

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1.- Registro de medición de caudales en el afluente	65
Grafico 2.- Caudales promedios máximos, medios y mínimos en el afluente	66
Grafico 3.- Caudales máximos, medios y mínimos en el efluente.....	66
Grafico 4.- Fósforo total vs decreto 21 - 17	71
Grafico 5.- Relación entre el caudal y la concentración de fósforo	72
Grafico 6.- Valores de coliformes fecales promedios en el afluente y efluente vs decreto 33-95.....	75
Grafico 7.- Valores históricos de carga orgánica total en el STAR de Somoto	79
Grafico 8.- Producción anual de metano, por el método de examen	83
Grafico 9.- Emisiones anuales de metano en el STAR de Somoto.....	87
Grafico 10.- Emisiones anuales de metano en STAR de Somoto, utilizando ambos métodos	88

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Ecuación para determinar el caudal del afluente	45
Ecuación 2.- Determinación de caudal del efluente.....	45
Ecuación 3.- Ecuación del balance hídrico	47
Ecuación 4.- Determinación del periodo de retención	48
Ecuación 5.- Volumen de alícuota por hora	51
Ecuación 6.- Determinación de carga de nutrientes en función del fósforo	54
Ecuación 7.- Determinación de las eficiencias del STAR Somoto	55
Ecuación 8.- Determinación de carga orgánica total	55
Ecuación 9.- Carga orgánica per cápita.....	56

Ecuación 10.- Carga superficial máxima.....	57
Ecuación 11.- Carga orgánica superficial aplicada	57
Ecuación 12.- Remoción esperada de carga orgánica	57
Ecuación 13.- Calculo del metano por el método del examen	59
Ecuación 14.- Emisiones totales de metano procedentes de las aguas residuales domésticas.....	60
Ecuación 15.- Factor de emisión de metano para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas	61
Ecuación 16.- Total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

STAR: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

PIENSA: Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales

GEI: Gases de Efecto Invernadero

CH₄: Metano

pH: Potencial de hidrógeno

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno

MARENA: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

INTA: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria

INTUR: Instituto Nicaragüense de Turismo

OMS: Organización Mundial de la Salud

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

TRH: Tiempo de Retención Hidráulico

TOW: Total Organic Waste

NMP: Numero Mas Probable

Q: Caudal

M³: Metros cúbicos

Kg: Kilogramos

°C: Grados centígrados

Resumen

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo principal de realizar una evaluación de la remoción de carga de nutrientes y patógenos del nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua.

Determinando las variaciones de caudal en la entrada y salida del STAR, a lo largo de un periodo de seis días durante 24 horas consecutivas, obteniendo un valor promedio de caudal en el afluente de 6.76 L/s, siendo este un valor mucho más alto que el asumido por el diseñador de 5.83 L/s.

Además, se determinó el funcionamiento operacional de las lagunas basándose en los periodos de retención, reportando un total de 19 días, cumpliendo así con recomendaciones de otros autores que recomiendan periodos de retención mayores a diez días entre los que destacan, según Oakley (2005), OMS (1989), estos se deben a que para lograr una remoción de dos ciclos logarítmicos de coliformes fecales se necesitan al menos 10 días de retención en los sistemas lagunares. Por lo que se logró una eficiencia puntual en la remoción de coliformes fecales del 90%, con respecto a los valores en el efluente general del STAR.

De acuerdo a la regulación ambiental de vertido de aguas residuales a cuerpos receptores, establece en sus artículos 22 y 25 lo siguiente: el valor máximo permisible de coliformes ($1.00E+03$ NMP/100ml) que de acuerdo a análisis de bacteriológico es de $1.17E+05$ NMP/100ml y en el caso de lo estipulado a los nutrientes se intentó hacer el estudio con los técnicos de MARENA y saber cuánto sería el valor fijado, pero no se logró. El decreto 33-95 fue derogado en el año 2017 por lo que se hace necesario hacer una mención de los nuevos lineamientos, como son para coliformes en el que se establece el principio de gradualidad y en el caso de los nutrientes se tiene un límite máximo permisible de 10 mg/L, de tal manera que en el caso del fósforo de acuerdo a análisis de laboratorio es de 2.25 mg/L, cumpliendo de esta manera con lo estipulado en el Decreto 21-2017 en su artículo 26.

Se realizó una simulación de los gases de efecto invernadero, específicamente del metano, en base a las directrices de la IPCC y su manual de buenas prácticas ambientales. Estimando una emisión de metano anual de 3,465.09 kg CH₄/año, utilizando el método de recolección de datos, método que tiene un nivel más alto de fiabilidad a comparación con el método de examen que nos proporcionó una emisión de 32,985.15 kg CH₄/año, debido a que se toman en su mayoría valores por defecto y no los proporcionados por las investigaciones realizadas en el país del estudio.

Palabras claves: Metano, coliformes y nutrientes.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO I

• Generalidades

*“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza.”
-Leonardo Da Vinci.*

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Dado que las aguas residuales provenientes de actividades domésticas e industriales, presentan altos de niveles de contaminantes que ponen en riesgo la salud humana, a la contaminación de los suelos y los cuerpos de agua. Se han realizado en el país importantes avances con respecto al tratamiento de las aguas residuales, pero aun así existen deficiencias operacionales en los sistemas existentes, debido a la escasez de estudios que ayuden a determinar los factores que influyen en el rendimiento de los procesos de tratamiento.

En efecto a esto, en este estudio se evaluó la remoción de cargas de nutrientes y patógenos del nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Somoto, con el fin de conocer la calidad operacional de cada una de las fases de tratamiento del sistema. Lo que ayudara en un futuro a la realización de mejoras y nuevas medidas para el mantenimiento del STAR.

Por lo que fue necesario como estudio preliminar, la determinación de las variaciones de caudal en el afluente y el efluente, realizando aforos durante un periodo comprendido entre el 19 al 25 de agosto del año 2017. Así como también la determinación del funcionamiento operacional del STAR basados en los periodos de retención teórico, logrando así eficiencias puntuales significativas en la remoción de contaminantes en el efluente.

Posteriormente, se realizó la toma de muestras compuesta en cada una de las unidades que conforman el STAR, para luego ser analizados los resultados obtenidos con respecto a los valores máximos permisibles de vertido de fósforo total y coliformes fecales, que pueden ser vertidos al cuerpo receptor (Rio Cacaúlí), según el Decreto 33-95 y el Decreto 21-17, que recién entro en vigencia.

Finalmente, se concluyó con los objetivos planteados realizando la simulación de los GEI con el software de buenas prácticas ambientales de la IPCC, versión 2006, logrando estimar la emisión de metano de acuerdo al método de examen y al método de recopilación de datos, siendo este último antes mencionado el de mayor

fiabilidad de acuerdo a los resultados, ya que incluye valores específicos del país, lo cual permite una mayor similitud a las condiciones encontradas en el sitio de estudio. Esto permitirá que a futuro la determinación del potencial impacto que pueden generar los sistemas de tratamiento basado en lagunas de estabilización, ya que estos son los que mayormente se utilizan en el país.

1.2 Antecedentes

En el año 2005, con financiamiento del Gran Ducado de Luxemburgo, inicio en operación la planta nueva de Somoto, con la capacidad de tratar diariamente 5.83 L/s, la cual disponía de tratamiento preliminar que constaba de rejillas, desarenador, así como una canaleta Parshall para realizar lecturas diarias de caudal y una trampa de grasas, seguido de un tanque Imhoff como tratamiento primario con el objetivo de la decantación inicial, conduciendo el efluente en una tubería que descarga en un tren de lagunas de estabilización dispuestas en serie, la descarga de estas lagunas es independiente a la del sistema Somoto Viejo (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016).

El sitio en que se ubica el sistema de tratamiento de aguas residuales nuevo se encuentra en el extremo Este del sistema de lagunas viejo, con terreno adecuado para albergar el nuevo sistema de tratamiento y buenas condiciones de drenaje por gravedad de las aguas hasta el sitio de tratamiento, la elevación del predio oscila desde los 674 msnm hasta los 673 msnm y su topografía presenta pendiente noroeste-sureste. Este sitio está localizado a unos 1000 metros del núcleo poblacional más cercano (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016).

También, en el municipio se ha dado seguimiento a las actividades de operación y mantenimiento de la Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR), administrada por ENACAL, cuya única finalidad ha sido evaluar la remoción de carga orgánica y dar cumplimiento a las normas de vertido vigentes a nivel nacional en función de DBO₅ y DQO, pero se demostró que el sistema no tiene la suficiente eficiencia para cumplir el Decreto 33-95 (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016).

En el año 2016 se inició la investigación “Evaluación de la Remoción de Carga Orgánica del Nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua.”, la cual tenía por objetivo evaluar las eficiencias operacionales de las unidades de tratamiento con respecto a la remoción de la carga orgánica, siendo los principales hallazgos: los valores de concentración de DBO₅ en cada fase de tratamiento, donde en el efluente se obtuvo un valor de

106.29 mg/L, los cuales cumplieron con los valores máximos permisibles de vertido en un cuerpo receptor, según lo establecido en el artículo 23 del Decreto 33-95.

Según la investigación de Alvarado & Villanueva, 2016, para el reusó de este efluente se confirma que no cumple con los valores máximos permisibles de DQO y de solidos suspendidos totales, contemplados en el Decreto 33-95 en su artículo 57, y así mismo con las disposiciones de la Norma para la clasificación de los recursos hídricos (NTON 05 007- 98), que establece que los efluentes de los STAR son tipo 2 y deberán cumplir con los parámetros establecidos en la categoría A y B.

1.3 Justificación

Una de las principales necesidades que enfrentan las poblaciones hoy en día es el drenaje, recolección, tratamiento y posterior vertido de las aguas residuales, siendo este proceso fundamental para garantizar la salud pública, pues estos flujos de agua albergan gran cantidad de organismos patógenos, los cuales son agentes que causan el deterioro del ambiente, generando problemas que repercuten en la salud y más a las familias que están más expuestas a los STAR.

Teniendo en cuenta que el STAR fue mejorado recientemente y que el efluente es vertido en el río Cacaúlí, el cual desemboca en el río Coco, resulta trascendental efectuar una evaluación de la eficiencia de remoción de los parámetros establecidos en el artículo. N. ° 22 y 25 del Decreto 33-95.

Es importante destacar que a lo largo del río Cacaúlí, la población se beneficia de este cuerpo de agua para abrevadero de ganado bovino y equino, además para el riego de cultivos y hortalizas, lavado de ropa, entre otros. (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016)

Sirvió para estimar las eficiencias puntuales, los periodos de retención, las cargas contaminantes de cada unidad del STAR. Así como para conocer las remociones de las cargas de nutrientes y patógenos, que son principal fuente de creación de algas en las lagunas, como también principales indicadores de contaminación de Coliformes fecales y totales que ponen en riesgo la salud humana.

También se contribuyó a determinar la generación de los GEI, basándonos principalmente en el metano, con respecto a los valores de población y los resultados per cápita de carga orgánica en el tratamiento de aguas residuales basadas en sistemas de lagunas estabilización en Nicaragua. Por otra parte, con esta investigación se da un paso en la determinación del potencial impacto que pueden generar los sistemas de tratamiento basado en lagunas de estabilización, lo que puede contribuir al análisis integral de los beneficios e impactos generados por estos sistemas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar una evaluación de la remoción de carga de nutrientes y patógenos del nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las variaciones de caudal en la entrada y salida del sistema de lagunas.
2. Determinar el funcionamiento operacional de las lagunas basadas en el periodo de retención teórico y cargas aplicadas.
3. Estimar eficiencias puntuales por cada fase de tratamiento y cargas contaminantes que conforma el STAR.
4. Analizar los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio de acuerdo a los parámetros contemplados en los artículos 22 y 25 del Decreto 33-95.
5. Simular los gases de efecto invernadero en el STAR de Somoto con el software de buenas prácticas ambientales de la IPCC, versión 2006.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO II

• Marco Teórico

*“Olvidamos que el ciclo del agua
y el ciclo de la vida, son uno mismo.”*

- Jacques Y. Cousteau.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Aguas residuales

2.1.1 Generalidades

La descarga de aguas residuales crudas es un peligro a la salud pública especialmente cuando se utilizan los cuerpos receptores contaminados como fuente de agua potable, para aseo personal, lavado de ropa, riego y pesquería. (Oakley, S. M., 1998)

Según el organismo de evaluación y fiscalización ambiental: las aguas servidas son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014).

Según el Decreto 21-2017, Las aguas residuales domesticas son generadas por las actividades de tipo domestica del hombre, (inodoros, ducha, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, entre otros).

2.1.2 Características de las aguas residuales

2.1.2.1 Características físicas

Algunas de las características físicas de las aguas residuales son las siguientes:

Temperatura: es un parámetro importante en el proceso de tratamiento del agua residual. Favorece el proceso de fotosíntesis y el metabolismo de las bacterias que limpian el agua. Temperaturas entre 20 y 25 °C generan condiciones óptimas para la producción de oxígeno en las lagunas facultativas. El rango de temperaturas mínimas y máximas donde disminuye la eficiencia en la remoción de contaminantes es entre 4 y 35 °C., mientras que la fermentación anaerobia se lleva a cabo después de los 22 °C y disminuye debajo de los 15. (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

Olor: Depende del grado de septización de las aguas. En el agua residual reciente el olor es tolerable, pero conforme va pasando el tiempo y se va agotando el oxígeno, entran en juego los microorganismos anaerobios, que reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros.

En las lagunas se pueden dar malos olores debido a: Sobrecarga de DBO_5 que causa condiciones anaeróbicas. La sobrecarga puede ser causada por un sobre-caudal, mal diseño, períodos de retención hidráulica demasiado bajos por cortocircuitos hidráulicos o sobre-acumulación de lodos, y la descomposición anaeróbica de lodos demasiado profundos al fondo de la laguna. Además de la descomposición anaeróbica de natas y materia flotante no removida de la superficie de la laguna (Oakley, 2005).

2.1.2.2 Características químicas

pH: la actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto. Un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales. (Espigares & Perez, 1985)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): Se define como el oxígeno disuelto necesario para que los organismos vivos que se encuentran en el agua descompongan la materia orgánica (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

2.1.2.3 Características biológicas

Algas: Existen en formas unicelulares, pluricelulares, móviles o inmóviles; no fijan nitrógeno atmosférico, pero lo requieren para sus procesos metabólicos, especialmente en forma inorgánica.

La presencia de las algas en niveles adecuados asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas. Cuando se pierde el equilibrio ecológico, se corre con

el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema. (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

Virus: proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales.

Se pueden encontrar virus pertenecientes a distintos grupos: Poliovirus, virus Echo, Cocksackievirus A y E, virus de la hepatitis, agente de Norwalk, Rotavirus, Reovirus, Adenovirus y Parvovirus. (Espigares & Perez, 1985)

Bacterias: Organismo unicelular y procariota perteneciente al reino monera, Su aspecto externo es variado, Puede poseer una forma esférica (coco), alargado (bacilo) o helicoidal. Y aunque se pueden encontrar aisladas, cuando las condiciones son favorables se multiplican asexualmente por bipartición y generan colonias. La estructura celular consta de una membrana lipídica en cuyo citoplasma abundan los ribosomas. Las bacterias carecen de membrana nuclear, por lo que el material genético se halla esparcido por toda la célula; este consta de un único cromosoma circular y, a veces, existe un segundo anillo muy reducido denominado “plásmido”. (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

2.1.3 Tipo de tratamiento de aguas residuales domesticas

A pesar que son muchos los métodos usados para el tratamiento de aguas residuales, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes (Martinez, 2002):

2.1.3.1 Tratamiento preliminar

Las unidades que componen el tratamiento preliminar están destinadas a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos orgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Sirven también para minimizar

algunos efectos negativos al tratamiento como grandes variaciones de caudal u obstrucciones a los equipos mecánicos y tuberías. Las unidades comúnmente usadas son:

- **Canal de Rejas:** En general, las rejillas son dispositivos formados por barras metálicas paralelas del mismo espesor e igual espaciamiento. Sirven para: a) Proteger las bombas, registros, tuberías, piezas especiales, etc., de taponamientos y abrasión. b) Evitar la acumulación de basura en las lagunas.
- **Desarenador:** Los desarenadores son tanques que evitan la decantación de arena en las lagunas primarias cerca de la entrada. Protegen al equipo mecánico de la abrasión y el desgaste; reduce la obstrucción de los conductos causada por la deposición de partículas en las tuberías o canales, generalmente en los cambios de dirección y reducen la acumulación de material inerte en los estanques, lo que da lugar a pérdidas en el volumen.
- **Medidor de Caudal:** En cualquier sistema de tratamiento es muy importante conocer el flujo que entra. En las lagunas, los dispositivos más empleados son los vertedores y los canales Parshall que no requieren equipo electromecánico, son de fácil mantenimiento y operación. (CNA, 2007)

2.1.3.2 Tratamiento primario

El propósito fundamental de estas unidades para este proceso consiste en disminuir suficiente mente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos (Martinez, 2002). Entre las unidades existentes en este tipo de tratamiento se encuentra el tanque Imhoff y la fosa séptica (ENACAL, 2012).

Sin embargo, también existen los sedimentadores primarios que a diferencia de la fosa séptica y los tanques Imhoff, en estas unidades no se trata los lodos por lo que los lodos necesitan tratamiento adicional. Estas unidades pueden ser redondo o rectangulares, y tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales. Las eficiencias esperadas son del 55% de los sólidos (ENACAL, 2012).

2.1.3.3 Tratamiento secundario

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado (Martinez, 2002).

La finalidad de este es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica: los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno). En esta etapa se utilizan comúnmente las lagunas de estabilización y el sistema de lodos activados (Ramalho, 1990).

2.2 Lagunas de estabilización

2.2.1 Generalidades

En general, las lagunas son depósitos contruidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. Las lagunas constituyen un tratamiento alterno interesante ya que permiten un manejo sencillo del agua residual, la recirculación de nutrientes y la producción primaria de alimento en la cadena alimenticia. Su popularidad se debe a su simplicidad de operación, bajo costo y eficiencia energética. (CNA, 2007)

En estas se realiza un tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de algas y otros organismos (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

Cuando el agua residual es descargada en una laguna de estabilización se realiza en forma espontánea un proceso de auto purificación o estabilización natural, en el que tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico. En esta simple descripción se establecen los aspectos fundamentales del proceso de tratamiento del agua que se lleva a cabo en las lagunas de estabilización:

- Es un proceso natural de autodepuración.
- La estabilización de materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas, y otros organismos superiores.
- Se presentan, procesos físicos de remoción de materia suspendida.
- Se efectúan cambios químicos en la calidad del agua que, entre otros aspectos, mantienen las condiciones adecuadas para que los organismos puedan realizar la estabilización, transformación, y remoción de contaminantes orgánicos biodegradables y, en algunos casos, nutrientes.
- Se establecen cadenas tróficas y redes de competencia que permiten la eliminación de gran cantidad de microorganismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas, residuales.

Por lo tanto, las lagunas de estabilización se consideran y se pueden proyectarse como un método de tratamiento de la materia orgánica y de remoción de los patógenos presentes en el agua residual (CNA, 2007).

2.2.2 Ventajas y desventajas de las lagunas de estabilización

A continuación, en la tabla N.º 1, se detallan las principales ventajas y desventajas que conllevan la utilización del sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales:

Tabla 1.- Ventajas y desventajas del uso de las lagunas de estabilización

Ventajas	Desventajas
Costos bajos por construcción, operación y mantenimiento	La principal desventaja es que necesitan una gran área de terreno
Fáciles de construir, operar y mantener (no se necesita personal calificado)	Debido a la infiltración, no deben construirse en suelos arenosos por la contaminación que causan a los mantos acuíferos

Ventajas	Desventajas
Buena remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos	Pueden generar olores desagradables cuando se incluya una laguna anaerobia y esta reciba alta concentración de carga orgánica
Absorben los picos hidráulicos, cargas orgánicas y compuestos tóxicos	El funcionamiento adecuado de un sistema de lagunas depende de las condiciones ambientales del lugar: viento, temperatura, nubosidad, etc.
Pueden tratar aguas residuales biodegradables	Se recomienda que la ubicación del sistema de tratamiento se localice, por lo menos, a 500 metros de la mancha urbana
No presentan problemas de operación en el manejo y disposición de lodos	El efluente descargado incluye alto contenido de algas (sólidos suspendidos) que puede ocasionar problemas en el suelo cuando se reutiliza en regadío de cultivos
Utilización del agua tratada en agricultura y acuicultura	
Se pueden utilizar como sistemas reguladores de riego	

Fuente: (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

2.2.3 Procesos que se desarrollan en las lagunas de estabilización

En las lagunas de estabilización residen varios tipos de bacterias, hay aerobias, facultativas y anaerobias. Las bacterias descomponen la materia orgánica a elementos más sencillos, que serán asimilados por las algas.

2.2.3.1 Bacterias formadoras de ácido

Son todas aquellas bacterias heterótrofas capaces de convertir la materia orgánica compleja en compuestos más simples como los alcoholes y los ácidos. La actividad

de estos grupos es muy importante en la zona anaerobia de la laguna, ya que ellas producen los sustratos que posteriormente deberán reducirse a CO_2 y CH_4 .

Estas bacterias anaerobias requieren temperaturas entre los 15 a 65 °C, por lo que su exposición a bajas temperaturas hace que disminuya su actividad biológica (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

2.2.3.2 Bacterias patógenas

Las comúnmente asociadas con lagunas (aunque íntimamente relacionadas con las condiciones sanitarias de la población) son: Salmonella, Shigella, Escheriquia, Leptospira, Francisella y Vibrio.

En general, el agua no es el ambiente natural para estas bacterias, por lo que su papel principal es actuar como vehículo de transmisión. Las bacterias patógenas usualmente son incapaces de multiplicarse o de sobrevivir por largos periodos en un medio acuático. La disminución en número es el resultado de fenómenos como: sedimentación, carencia de nutrientes, radiación solar, pH, temperatura, competencia y depredación. (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

2.2.3.3 Bacterias purpuras sulfúreas

Muchas especies de la Familia Chromatiaceae (bacterias púrpuras del azufre) son púrpuras, aunque otras son naranja oscuro o con varios tonos de morado o rojas. Estas bacterias crecen en cualquier ambiente acuático donde la luz tenga la longitud de onda adecuada para penetrar la masa de agua, que exista un suministro adecuado de CO_2 y nitrógeno, y formas reducidas de azufre o hidrógeno (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

2.2.3.4 Algas

Existen en formas unicelulares, pluricelulares, móviles o inmóviles. No fijan nitrógeno atmosférico, pero lo requieren para sus procesos metabólicos, especialmente en forma inorgánica.

Taxonómicamente se dividen de acuerdo con los pigmentos que ellas poseen: algas verdes, algas doradas y algas rojas. En las lagunas de estabilización, las más frecuentes son las algas verdes y las algas doradas.

La presencia de las algas en niveles adecuados asegura el funcionamiento de la fase aerobia de las lagunas. Cuando se pierde el equilibrio ecológico, se corre con el riesgo de producir el predominio de la fase anaerobia, que trae como consecuencia una reducción de la eficiencia del sistema (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

2.2.4 Coloración

Una laguna facultativa y de maduración normalmente tiene una coloración verde brilla en la salida. La entrada de una laguna facultativa puede tener una coloración gris/café hasta el intermedio, donde debe ser verde brilla (Oakley, 2005).

El color del agua y la apariencia general de una laguna indica el estado general de los microorganismos en las capas superficiales de cada unidad. Esta determinación es estimada por el operador. A continuación, se dan a conocer los casos que se pueden presentar en una laguna.

- **Color verde intenso:** Normal en lagunas facultativas y de maduración, Indica que la laguna está en buenas condiciones.
- **Café:** se da por la reducción en la fotocinesis
- **Color gris oscuro:** El gris oscuro en lagunas anaeróbicas representa un color normal, pero en lagunas facultativas este color es indicativo de que la laguna ha sido sobrecargada con materia orgánica.
- **Verde Lechoso:** Con ciertas aguas residuales tibias puede ocurrir la precipitación de hidróxido de magnesio y fosfato de calcio con el consecuente aumento del pH en la laguna. Esto puede causar un mal funcionamiento de la misma.

- **Color azul verdoso:** Una nata azul verdosa con aspecto de pintura en la superficie de la laguna es una indicación del establecimiento de una especie de algas azul-verdosas. El crecimiento de este tipo de algas es indeseable y tiene un efecto negativo sobre la penetración de la luz solar.
- **Verde amarillento:** En una laguna Facultativa el color verde intenso puede cambiar a verde amarillento cuando hay una sobrecarga en el afluente. Sobre la superficie verde pueden aparecer manchas alrededor de la entrada de la laguna.
- **Rosa o Rojo:** Presencia de bacteria fotosintéticas del azufre por condiciones anaeróbicas.

2.2.5 Mantenimiento de las lagunas de estabilización

Se entiende por mantenimiento la conservación en buen estado de las unidades construidas y del equipo colocado para asegurar un funcionamiento continuo en forma eficiente. Existen dos tipos de mantenimiento:

- **Preventivo.** Se realiza para conservar en buen estado las instalaciones y equipo de la planta asegurando su buen funcionamiento y alargando su vida útil. En este caso se establece la ejecución de rutinas de trabajo que se realizan con mayor, o menor frecuencia para prevenir desperfectos.
- **Correctivo:** Consiste en la reparación inmediata de cualquier que sufran los equipo e instalaciones (CNA, 2007).

2.3 Nutrientes

Se llaman así las especies químicas utilizadas como alimento en el desarrollo de los microorganismos (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017). Aunque los nutrientes abarcan un gran número de especies que los microorganismos necesitan en poca cantidad, el nombre se utiliza casi siempre para indicar a las distintas formas de nitrógeno y fósforo, que son los que se necesitan en mayores cantidades.

- **Fósforo:** es esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales, son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fosfato satisface los requerimientos de fósforo de todos los organismos y se necesita en niveles mucho más bajos que el nitrógeno. Al igual que éste, es responsable de la producción de procesos de eutrofización. (Espigares & Perez, 1985)

2.4 Organismos Patógenos

Organismos, incluidos virus, bacterias o quistes, capaces de causar enfermedades tales como: tifus, cólera o disentería en un receptor; por ejemplo: el hombre (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

- **Coliformes fecales:** Las bacterias coliformes fecales son aquellas que fermentan la lactosa en el intervalo de 44.5 - 45.5 °C, donde crecerá principalmente *Escherichia coli*. La presencia de miembros del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino del hombre y otros animales de sangre caliente, proporciona una indicación sensible de contaminación fecal. Su presencia en el agua revela la posibilidad de que existan organismos dañinos para el ser humano. (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017)

Algunas enfermedades generadas por estas bacterias son: cólera, hepatitis infecciosa, gastroenteritis, lepra, sarna y fiebre amarilla, entre otras importantes.

2.5 Carga orgánica

Es medida como DBO_5 , o DQO que se le aplica diariamente a la laguna que será estabilizada en el tratamiento biológico. Su valor se expresa normalmente en kg de DBO_5 , por unidad de tiempo.

Además, se define como el contenido de compuestos de carbono en un efluente, cualquiera sea su origen. Dichos compuestos de carbono son estructuras químicas (moléculas) donde el carbono está enlazado a hidrógeno y otros elementos como azufre, oxígeno, nitrógeno, fósforo y cloro, entre otros (Metcalf, 1995).

2.6 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Un gas de efecto invernadero (GEI) es uno de los varios gases que pueden absorber y emitir radiación de onda larga infrarroja en la atmósfera planetaria. Este fenómeno se denomina a menudo como efecto invernadero (IPCC, 2001).

Los gases que se encuentran más frecuentemente en la composición de las aguas residuales son nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, sulfhídrico, amoníaco y metano. Los tres primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire, ya que son gases comunes en la atmósfera. El resto son resultado de la descomposición de la materia orgánica. (Espigares & Perez, 1985)

2.6.1 Metano (CH₄)

Es el principal subproducto de la degradación anaerobia de la materia orgánica de las aguas residuales. Es un hidrocarburo incoloro, inodoro y de gran valor como combustible. Aunque no suele encontrarse en grandes niveles, debido a que cantidades muy pequeñas de oxígeno impiden su formación, es necesario tener precaución ante el gran peligro de explosión que supone su alta combustibilidad. En aquellos lugares de las conducciones y alcantarillas donde pueda producirse, es necesaria una ventilación adecuada. (Espigares & Perez, 1985)

El CH₄ se produce por la acción de los microorganismos metano génicos cuando se presentan ambientes con baja disponibilidad de oxígeno, como es el caso de los sedimentos o aguas contaminadas (Liikanen, 2002b) (Brock, 2004). El CH₄ es producto de la reducción del CO₂, en la cual el H₂, el acetato y alcoholes son usados como donadores de electrones. El CH₄ es poco soluble en el agua, por ello luego de producirse en los sedimentos se transporta a favor de un gradiente de concentración a zonas con alta disponibilidad de oxígeno en donde puede ser oxidado por los microorganismos metanotrofos (Huttunen, 2001a).

2.6.2 Inventario nacional de gases de efecto invernadero (CMNUCC)

El Gobierno de Nicaragua a través del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2008) pone a disposición de las instituciones y del pueblo en general el Segundo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero en sus cinco sectores, utilizando datos estadísticos oficiales referidos al año 2000. Este inventario fue elaborado aplicando la Guía para Inventarios Nacionales de GEI, versión revisada 1996, del IPCC.

Tabla 2.- Emisión anual de GEI en Nicaragua, 2000.

SECTOR	Emisiones (Gg)						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	SO ₂	COVDM
Energía	3,534.34	14.65	0.26	66.62	313.50	-	289.51
Procesos Industriales	305.85	-	-	-	-	0.19	7.99
Desechos	-	27.65	0.23	-	-	-	-
Agricultura	-	161.00	12.00	3.00	79.00	-	-
UT CUTS ²	45,380.00	86.00	1.00	21.00	753.00	-	-
TOTAL	49,220.19	289.30	13.49	90.62	1,145.50	0.19	297.50

Fuente: (MARENA, 2008).

2.6.3 Manual de buenas prácticas de la IPCC, 2006

La IPCC 2006, es una guía que implementa la orientación metodológica para la estimación de metano, procedente de los tratamientos y eliminación de aguas residuales.

De modo que la IPCC, muestra que las emisiones dependen de la cantidad de desechos orgánicos generados y de un factor de emisión que caracteriza la proporción en la que estos desechos generan CH₄. (IPCC, 2006)

A continuación, se resumen tres niveles metodológicos para estimar el CH₄ a partir de esta categoría.

- El método de **Nivel 1** aplica valores por defecto para el factor de emisión y para los parámetros de la actividad. Este método se considera de buena práctica para los países con escasa disponibilidad de datos.
- El método de **Nivel 2** sigue la misma metodología que el Nivel 1, pero permite la incorporación de un factor de emisión específico del país y de datos de la actividad específicos del país. Por ejemplo, un factor de emisión específico para un importante sistema de tratamiento, basado en mediciones en el terreno se podría incorporar con este método. Hay que tomar en cuenta la cantidad de lodos eliminados por incineración, en vertederos y en suelos agrícolas.
- Para un país con buenos datos y metodologías avanzadas, se puede aplicar una metodología específica del país, como un método de **Nivel 3**. Un método aún más avanzado, específico del país, puede basarse en datos específicos de cada planta en las grandes instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

2.6.3.1 Total de materia orgánica (TOW)

Este es un parámetro de en función de la población humana y del índice de generación de DBO₅ por persona (IPCC, 2006).

2.6.3.2 Componente orgánico (S)

Dado que en Nicaragua no se cuenta con un componente orgánico separado como lodo, se tomó como 0 dado a la carencia de este.

2.6.3.3 Fracción de la población (Ui)

Es la relación de la población de la ciudad evaluada, entre la población total de un país (IPCC, 2006).

2.6.3.4 Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento (T_{ij})

Es la relación de la población conectada entre la población de la ciudad evaluada (IPCC, 2006).

2.6.3.5 Valor de emisión (EF_j)

El factor de emisión para vía y sistema de tratamiento y eliminación de aguas servidas, es una función del potencial máximo de producción de CH_4 y del factor de corrección para el metano, para el sistema de tratamiento y eliminación de aguas residuales (IPCC, 2006).



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO III

• Descripción del sitio de estudio



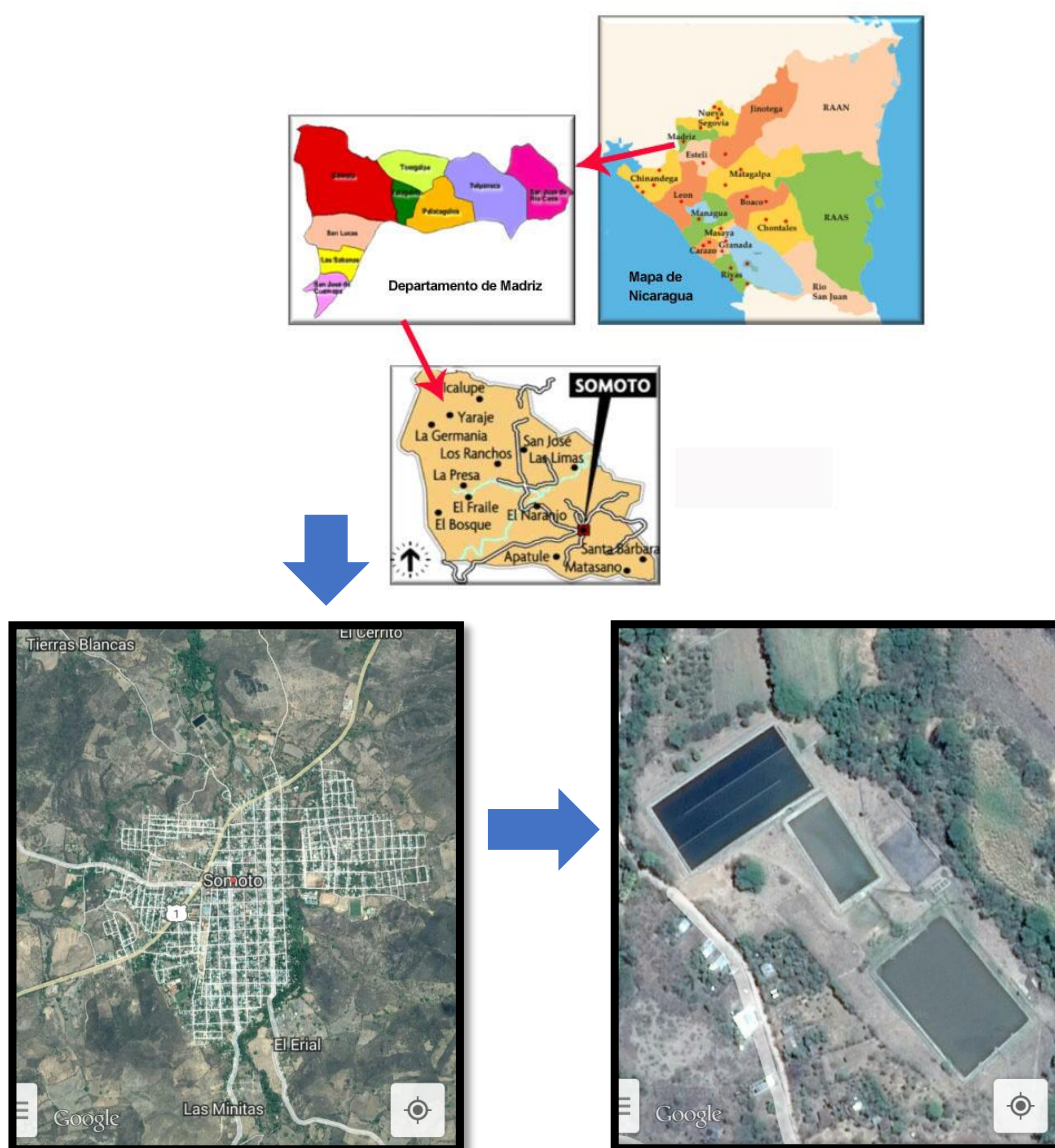
*“Toda el agua que habrá jamás, la tenemos ahora mismo.”
- National Geographic.*

CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se desarrolló en el STAR del municipio de Somoto, departamento de Madriz, Nicaragua. Sus coordenadas geográficas son 13°28'60"N y 86°34'60"O, a una altitud de 699 msnm y una temperatura promedio de 29°C. El municipio tiene una extensión territorial de 474 km² situada a 216 km de la capital Managua.

Ilustración 1.- Macro localización y micro localización



Fuente: Adaptado de Google Maps, 2018.

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada al norte de la ciudad, la entrada principal está ubicada junto a la terminal de buses Euskadi. Teniendo una entrada alterna ubicada a 700 metros de la carretera panamericana, accediendo por el restaurante El Columbia.

3.2 Servicios básicos del municipio de Somoto

3.2.1 Agua y saneamiento

ENACAL cuenta con siete pozos artesianos con sistema de bombeo eléctrico para el abastecimiento de agua potable, los cuales se encuentra ubicados en los siguientes puntos: dos en el sector 14 de la Ciudad de Somoto, dos en la comunidad del Guayabo y tres en la comunidad de los Copales. 16.59 m³ es el consumo promedio de agua potable de los hogares que posee conexión domicilia, el cual se considera suficiente para satisfacer la demanda de agua necesaria en las diferentes actividades humanas y domésticas (ENACAL, 2009).

Dentro del municipio de Somoto el 95% de las viviendas urbanas tienen agua potable y en el área rural las principales fuentes de abastecimiento para consumo humano son pozos públicos con bombas de mecate, ríos, mini acueducto por gravedad y ojos de agua, (INIDE, 2007). El 38% de las viviendas no posee el servicio de agua potable, de estas el 35% de las viviendas se localiza en el área rural del municipio y el 3% en el área urbana.

El consumo de agua en los períodos verano e invierno son relativamente diferentes, por ejemplo en el mes de abril (verano) fue de 225,000 m³ y el consumo registrado en el mes de junio (invierno) fue de 124,000 m³.

En el servicio de saneamiento según ENACAL (2009), en la ciudad de Somoto el 56% de las viviendas cuenta con servicio de alcantarillado sanitario y el 55% de la ciudad cuenta con cunetas para el drenaje de aguas pluviales que permiten reducir el riesgo a inundación en los barrios periféricos de la ciudad.

Un 10% de los hogares no poseen servicio higiénico (área rural 7% y área urbana 3%), a su vez, existe un 5% de los hogares que comparten el servicio con otras

familias que, si la poseen, presentándose bajo esta condición la colaboración comunitaria, (ENACAL, 2009).

3.2.2 Manejo de residuos sólidos

En lo relacionado al servicio de recolección y tratamiento residuos sólidos, este solo se brinda en el casco urbano de la ciudad de Somoto; según la Alcaldía Municipal de Somoto (2009), existe un total de 887 hogares y 29 instituciones abonados al sistema de recolección de basura a los cuales se les cobra por el servicio cuotas mensuales diferenciadas, que van entre los C\$ 20 a los C\$ 80.

3.3 Actividad económica

La producción agropecuaria forma una de las principales actividades económicas del municipio de Somoto. El 81% de las comunidades del municipio de Somoto se dedican principalmente al cultivo de maíz, el 77% al cultivo del frijol y el 73% al sorgo. Así mismo, se practica la ganadería en un 56% de las comunidades, sin embargo, esta actividad es en pequeña escala por el número de animales que poseen los productores (INTA, 2009).

Además, se practica el cultivo de hortalizas en un 12% de las comunidades mediante pequeños micro riegos, un 6% de las comunidades se dedican al henequén, un 4% a frutales y solamente el 4% al café siendo practicada esta última actividad en las comunidades que son fronterizas con el municipio de San Lucas (INTA, 2009).

Una de las actividades económicas que se realizan en el municipio y que ha comenzado a trascender fronteras, es la producción artesanal de rosquillas. Solo en Somoto y Yalaguina existen más de 104 talleres de rosquillas, los cuales generan entre 1,500 y 3,000 empleos según Centro de Exportaciones e Inversiones (CEI, 2012).

Otra actividad económica es el Cañón de Somoto uno de los principales atractivos turísticos del municipio. Esta antiquísima estructura natural está

formada por altos paredones de roca que recorren el río Coco y últimamente ha despertado el interés de muchos inversionistas nacionales (INTUR, 2014).

Este destino turístico es visitado por más de 2,000 personas mensualmente y cada año el número de turistas que visitan el lugar sigue incrementando (INTUR, 2014). Esto ha generado muchos empleos directos e indirectos, gracias al aumento de nuevos locales, bares, hoteles, hostales, tour operadoras, entre otros.

3.4 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

El nuevo STAR de la ciudad de Somoto, fue diseñado con el fin de mejorar la calidad del agua que es vertida al cuerpo receptor (Rio Cacaúlí), provenientes del sistema de alcantarillado sanitario. El STAR está conformado de un tratamiento preliminar, un tratamiento primario y un tratamiento secundario; de esta forma se describe cada unidad de tratamiento acuerdo a criterios de diseño y condiciones actuales:

3.4.1 Tratamiento preliminar

Esta fase tiene la función de eliminar aquellos constituyentes de las aguas residuales, de tal forma que este proceso está destinado a preparar las aguas residuales para que puedan recibir los siguientes tratamientos, sin perjudicar las unidades de depuración. Sirve también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento, tales como: grandes variaciones de caudal y de composición, y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas, entre otros.

En el esquema N^o.1 se presentan las unidades que constituyen la fase de tratamiento preliminar.

Esquema 1.- Tratamiento preliminar



- **Canal de rejas**

Para la separación de sólidos gruesos en suspensión se utilizan una rejilla ubicada transversalmente al flujo. Al pasar el agua el material grueso queda retenido.

El material retenido por la rejilla debería ser retirado de forma manual por un operador, auxiliándose por un rastrillo dos veces al día y enterrado diariamente en la fosa de secado de lodos. Esta actividad no se realiza de acuerdo a lo establecido.

Según criterios de diseño, para garantizar la retención de material flotante antes de la entrada al sistema de lagunas, se emplea una reja de tipo removible, que tiene una inclinación de 45 grados, formada por varilla de 3/8" con 0.03 m de separación.

Pero en su estado actual, la reja se encuentra con una inclinación de 45 grados y una separación de 0.04 m, lo cual indica que no cumple con los criterios de diseños de las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, además que el material con que esta fue elaborada es de acero de refuerzo #4, originando mala retención de sólidos, por lo que afectara en las siguientes fases de tratamiento.

- **Desarenador**

El propósito con que este fue diseñado fue el de remover los sedimentos antes de su llegada al tanque Imhoff. De acuerdo a su condición actual, éste se encuentra saturado de sedimentos. Esto como consecuencia a la falta de mantenimiento en los tiempos establecidos. Estos sedimentos deberían de evacuarse de la unidad cada dos semanas dependiendo de la calidad de las aguas crudas que entran al STAR.

El diseño del desarenador presenta dos módulos, de tal manera que cuando uno de ellos recibe mantenimiento, el otro debe de trabajar con toda la carga por el tiempo que dure la limpieza, pero por la falta de accesorios en la entrada de cada módulo no se puede llevar a cabo esta operación.

Cuando se efectúa la limpieza se abre las válvulas de 4", las cuales dirigen los sedimentos acumulados hacia una fosa de secado, cuando estos están secos se extraen mediante una carreta manual para ser depositados en áreas baldías dentro del predio de la STAR, esta actividad ya no se realiza por parte de los operadores, antes se realizaba cada 30 días. Por lo que de acuerdo al diseñador se proyectó una fosa de secado, que se encuentra saturada de solidos gruesos y arenosos, como puede se observa en la ilustración N. ° 2.

Ilustración 2.- Fosa de secado de lodos del desarenador



Fuente: Elaboración propia

- **Elemento de medición**

Para la medición de los caudales en la entrada del sistema de tratamiento se instaló una canaleta Parshall con una garganta de 3", ubicada en ella una regla con escala métrica (0.45 m), con el objetivo principal de medir el gasto total que entra al STAR.

Este funciona de forma adecuada, pero presenta mínimos detalles que se notan en sus paredes como es la acumulación de costras o lama debido a la falta de mantenimiento.

- **Trampa de grasas**

Con esta unidad se termina de completar el tratamiento preliminar, al igual que las otras unidades de tratamiento también presenta deficiencias en su funcionamiento; esta unidad consta con tres cámaras individuales con flujo descendente en cada una de ellas con el propósito de hacer posible la extracción de sólidos que se acumulan en la superficie y evitar el paso de estos al tanque Imhoff.

Como consecuencia se puede observar que esta unidad se encuentra afectada, por el dimensionamiento de la reja que no cumple con su propósito principal que es la retención de sólidos.

3.4.2 Tratamiento primario

La finalidad de esta fase de tratamiento es remover sólidos suspendidos por medio de sedimentación, flotación y precipitación. Entre las unidades existentes en este tipo de tratamiento se encuentra el tanque Imhoff.

En el esquema N.º 2 se presentan la unidad que constituyen la fase de tratamiento primario.

Esquema 2.- Tratamiento primario



- **Tanque Imhoff**

La unidad está compuesta por dos cámaras en paralelo. Cada una de ellas remueve grandes cantidades de sólidos sedimentables y en las ventosas se puede ver acumulación de grasas y natas en la superficie. Producto de la digestión de sólidos del Imhoff se expelen malos olores. El volumen en conjunto de los tanques es de 209 m³, con dimensiones de 4.21 m de largo y 4.0 m de ancho.

La estructura del tanque Imhoff está en buen estado, la limpieza manual de natas se hace una vez a la semana. Aunque estado actual de esta unidad de tratamiento se encuentra saturada de sólidos, debido a esto se da un rebose en las horas de mayor demanda por la saturación de lodos en el interior de estos. Es directamente proporcional que a mayor concentración de lodos en el interior el tirante de agua es menor.

Además de la acumulación de lodos en el interior este presenta sólidos suspendidos de gran tamaño que debieron ser removidos en fases anteriores.

Para la limpieza se cuenta con cuatro válvulas de 8", dos válvulas para cada módulo en los extremos. La limpieza se efectuaba abriendo las dos válvulas al mismo tiempo por cada módulo, por un periodo de cinco minutos. Se realizaban cada dos meses y en épocas de lluviosa hasta tres meses.

Los lodos extraídos de la cámara de digestión del tanque Imhoff se depositan en la pila de secado de lodos y permanecen ahí por lo menos cuatro meses para permitir su estabilización y que el contenido de humedad se reduzca por infiltración. Cuando estos están secos se retiran y se disponen a un botadero a cielo abierto.

El efluente de la unidad tiene el mismo color de la entrada, gris, pero con menos sólidos sedimentables. Este pasa directamente hacia la laguna secundaria por dos tubos de acero de 8 pulgadas de diámetro.

En la ilustración N.º 3 se muestra el área que se utiliza para la disposición uniforme de los lodos provenientes del Tanque Imhoff:

Ilustración 3.- Estación de área de secado de lodos



Fuente: Elaboración propia

Existen muchas más afectaciones dentro de esta unidad de tratamiento, como consecuencia de la falta de mantenimiento preventivo se producen imperfecciones que no afectan el funcionamiento, pero poco a poco deterioran dicha unidad como son; corrosión en válvulas y tramos de tubería de conducción hacia la laguna primaria, como se observa en la tabla N.º 3.

Tabla 3.- Estado de tubería de conducción

Estado	Descripción
	Corrosión en las válvulas, por falta de mantenimiento.
	Deterioro en las tuberías de conducción que se dirigen a la laguna primaria, provenientes del tanque Imhoff.

Fuente: (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016)

3.4.3 Tratamiento secundario

Esta fase de tratamiento consta de dos lagunas dispuestas en serie, diseñadas para funcionar de forma facultativa, es decir, que los rayos del sol penetran de forma difusa, su espesor es de difícil medición por lo que varía constantemente respecto a la insolación, en este estrato actúan bacterias que se conocen como facultativas, y son las que dan el nombre a este tipo de proceso.

En el esquema N.º 3 se presentan la unidad que constituyen la fase de tratamiento secundario.

Esquema 3.- Tratamiento secundario



- **Laguna primaria**

Esta es la fase inicial del tratamiento secundario, fue diseñada con el propósito de reducir el contenido de DBO₅ y de patógenos.

Sus dimensiones son de 33 m de ancho y 62 m de largo, lo cual le dan un área forma rectangular, con taludes perimetrales de 1:3 (forma de pirámide truncada invertida), y una profundidad de 1.50 m, de acuerdo a criterios de diseño se ha dejado una profundidad adicional de 0.5 m, que serán para la acumulación de lodos y arenas.

Sin embargo, se hace necesario la implementación de una unidad secundaria, para lograr una remoción de patógenos y de DBO₅, dado que las concentraciones de ambos parámetros en el efluente de ésta no presenta la calidad adecuada para verter al cuerpo receptor.

Los sólidos arenosos están llenando la entrada de la laguna primaria lo que impide la mezcla del afluente con el contenido de la laguna.

Actualmente, esta presenta zonas muertas en sus bordes, es decir, acumulación de material flotante (nata) que impiden la fotosíntesis en el proceso de depuración; la dirección del viento hace que las natas y sólidos flotantes se acumulen en las esquinas de las lagunas a como se observa en la ilustración N.º 4:

Ilustración 4.- Natas en laguna primaria



Fuente: Elaboración propia

Por deficiencia encontrada en la fase preliminar y primaria, los sólidos flotantes y gruesos están causando problemas nocivos en la operación de las lagunas: Ellos ayudan a la formación de natas que producen malos olores, sirven como focos para la reproducción de insectos y producen condiciones desagradables a la vista.

Debido a las condiciones anaerobias anormales que se presentan en esta laguna, se da la aparición de material flotante, que combinado a la producción de H_2S , generan un color rojizo en la apariencia de las natas.

- **Laguna secundaria**

Esta fase de tratamiento tiene el propósito de afinar su proceso y garantizar las concentraciones mínimas de DBO_5 , coliformes fecales y darle mejor apariencia al efluente final. Esta fue diseñada con el criterio de flujo disperso, por lo que no contienen paredes deflectoras.

Esta laguna cuenta con tres mamparas longitudinales para modelar el flujo de tipo pistón con el objetivo de mejorar el régimen hidráulico.

Actualmente, presenta un deterioro en los taludes en su condición física, y debido a la falta de mantenimiento presenta deficiencias en el funcionamiento de su condición operacional, así como, la acumulación de lodos que afectan los periodos de retención hidráulicos por lo que las eficiencias de remoción no son las deseadas.

En esta laguna el agua contenida presenta una coloración roja que es un indicador de la existencia de bacteria fotosintéticas del azufre, lo cual significa condiciones anaeróbicas. Estas bacterias crecen en cualquier ambiente acuático donde la luz tenga la longitud de onda adecuada para penetrar la masa de agua, que exista un suministro adecuado de CO₂ y nitrógeno, y formas reducidas de azufre o hidrógeno. La coloración rojiza en esta laguna se da en varias zonas, como se observa en la ilustración N.º 5:

Ilustración 5.- Coloración rojiza en laguna secundaria



Fuente: Elaboración propia

Estas lagunas están colmatadas de lodos y por su profundidad sería difícil y costoso removerlos, este es un problema típico en el uso de lagunas.

En esta fase de tratamiento existe presencia de tortugas las cuales obstruyen los canales de entrada y salida, así mismo, deterioran los taludes de las lagunas, como se observa en la ilustración 6:

Ilustración 6.- Obstrucción de tortugas en canales de conducción



Fuente: (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016)

3.4.3.1 Vertederos de demasías

Tanto en la laguna primaria como en la secundaria, se cuenta con vertederos de demasías, a cómo puede apreciar en la ilustración N.º 7:

Ilustración 7.- Vertederos de demasías



Fuente: Elaboración propia

Los vertederos de demasías son estructuras localizadas en los sistemas de lagunas con el objetivo de proteger el sistema contra la introducción de sobrecargas hidráulicas por aguas pluviales, los vertederos permiten el desvío de las aguas residuales en eventos de alta pluviosidad. Debido a la infiltración e influjo de aguas pluviales al alcantarillado sanitario, los colectores conducen aguas combinadas, con gran cantidad de sedimentos producidos del escurrimiento superficial (INAA, 1996).

3.4.4 Presencia de animales en el STAR de Somoto

Durante el tiempo de duración en los aforos se pudo observar la presencia de animales domésticos (ganado bovino, semovientes, perros y gallinas), que llegan a abreviar y alimentarse del pasto que está dentro del predio. Tal y como se observa en la ilustración N.º 8:

Ilustración 8.- Presencia de animales domésticos en el STAR de Somoto



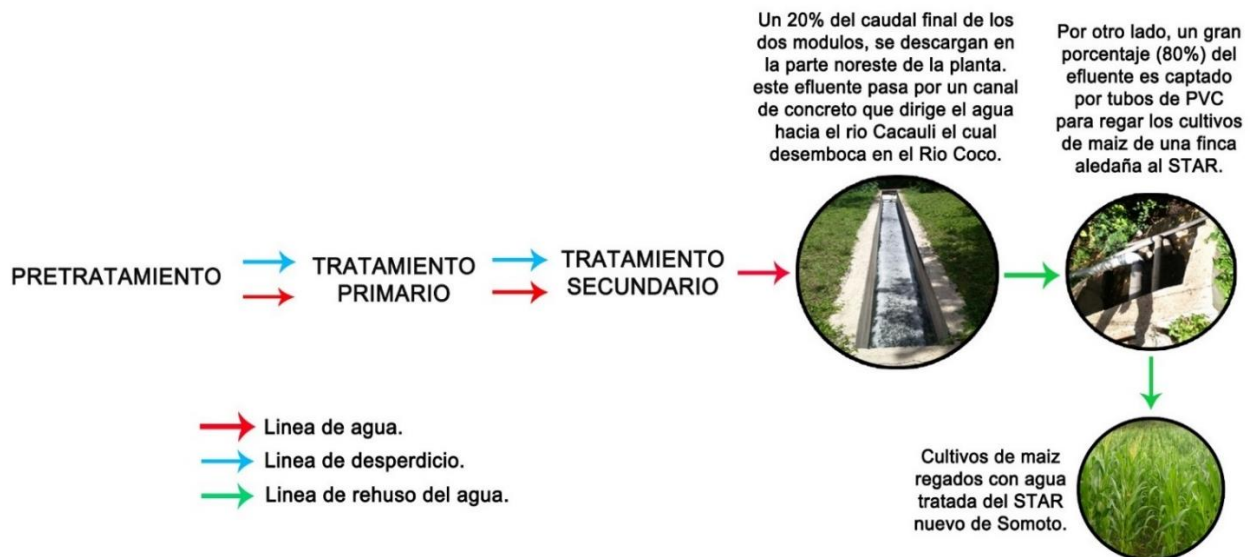
Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Efluente general STAR de Somoto

El caudal final de los dos módulos descarga en la parte noreste de la planta, este efluente pasa por un canal de concreto que dirige el agua hacia el río Cacaúlí. La conducción de las aguas tratadas se realiza por medio de una línea de tubería de plástico, cuyo diámetro es de 14" que inicia en la cámara receptora de la descarga de la laguna secundaria.

En el esquema N.º 4. se presentan la etapa de conducción y vertido de las aguas tratadas, así como su rehusó.

Esquema 4.- Efluente general del STAR



Como se puede observar en el esquema N.º 4, el efluente tiene la descarga directa al río Cacaúlí, pero gran parte de esta agua se reusa para el riego agrícola de pasto y cultivos de maíz.

3.4.6 Condiciones físicas de operación y mantenimiento del STAR Somoto

Tabla 4.- Condiciones de operación y mantenimiento por cada fase de tratamiento

Unidad	Condición física	Monitoreo de rutina	Mantenimiento	Personal	Planificación para la remoción de lodos	Sostenibilidad
Pozos de visita	Estado actual deficiente, sin tapaderas y fisuras	-	No satisfactorio , ausencia de tapas	2 operad ores	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa
Rejas	Oxidación en barras y placa de drenaje	-	No satisfactorio , limpieza solo una vez al día	2 operad ores	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa
Desarenador	Saturado de sólidos arenosos, no posee compuertas para el mantenimiento individual de cada unidad. Colmatado debido a la falta de	-	No satisfactorio , presencia de sólidos, ausencia de compuertas para drenar las cámaras individuales	2 operad ores	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa

	mantenimiento					
Unidad	Condición física	Monitoreo de rutina	Mantenimiento	Personal	Planificación para la remoción de lodos	Sostenibilidad
Trampa de grasas	Daños estructural es a nivel de fisuras en sus paredes y saturado de sólidos en suspensión	-	No satisfactorio Limpieza una vez al día	2 operad ores	-	
Tanque Imhoff	Saturado de sólidos en el interior producto de esto se produce el rebose. Su estructura afectada por fisuras. Desprende en sus acabados	S.S.T DBO ₅ DQO	No satisfactorio Saturación de lodos en el interior y presencia de residuos solidos No raspan las paredes en la parte interior	2 operad ores		Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad Educativa

Unidad	Condición física	Monitoreo de rutina	Mantenimiento	Personal	Planificación para la remoción de lodos	Sostenibilidad
Tuberías de conducción	Deterioradas por la corrosión a falta de mantenimiento preventivo		No satisfactorio Falta de mantenimiento preventivo	2 operarios	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa
Laguna primaria	Afectada por fisuras y desgastes en los taludes	S.S S.S.T DBO ₅ DQO	Satisfactorio	2 operarios	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa
Laguna secundaria	Desgastes en taludes y fisuras en su estructura	S.S S.S.T DBO ₅ DQO	Satisfactorio	2 operarios	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa
Canal de salida	Perdidas por infiltración y agrietamientos	S.S S.S.T DBO ₅ DQO	Satisfactorio	2 operarios	-	Apoyo técnico y económico por parte de la municipalidad, ONG y comunidad educativa



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO IV

- **Diseño Metodológico**

*“Nunca reconoceremos el valor del agua,
hasta que el pozo este seco.”*

- Thomas Fuller.

CAPITULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

Con respecto a los objetivos que se plantearon, esta investigación es de tipo aplicada, ya que con los resultados obtenidos se brinda posibles alternativas de solución a los problemas ambientales existentes en la ciudad de Somoto.

La investigación tiene un enfoque cualitativo (descripción de la zona de estudio, características de la población, características del STAR, entre otros). Según el alcance, el estudio es de corte transversal debido a que se refiere a un momento específico. Según el carácter de la medida de enfoque del estudio es mixto, ya que se analizaron variables cuantitativas y cualitativas.

4.2 Procedimiento

4.2.1 Primera etapa

Se realizó la recolección de información de soporte, a través de la revisión exhaustiva de bibliografías que nos permitirá tener una perspectiva acerca de los objetivos y variables considerados en la investigación. Con el fin de conocer el estado, antecedentes, definiciones, entre otros, con referencia al tema.

También permitió explicar la importancia del problema de estudio y sus aportes a la sociedad. Se realizaron observaciones in situ, evaluación física de las lagunas y del predio en que se encuentran, y otra información o reporte relevante para la evaluación. Además de todos los procesos unitarios que conforman el STAR de la ciudad de Somoto. Haciendo énfasis en la carga de nutrientes y patógenos.

a) Herramientas de recolección de datos:

Esta etapa se realizó con el fin de conocer a fondo el problema y las posibles formas de enfrentarlo, desde la perspectiva de la remoción de las cargas de nutrientes y patógenos, abarcando los siguientes aspectos:

- Reconocimiento del campo de trabajo.

- Ubicación de los puntos de muestreos y de medición del caudal.
- Capacitación de las técnicas de análisis de laboratorio para aguas residuales.
- Diagnóstico operacional y funcional del STAR.

4.2.2 Segunda etapa

4.2.2.1 Medición de caudales

Para la realización de los aforos en afluentes y efluentes se tomó en consideración los siguientes aspectos:

- Para la medición del caudal en el afluente del sistema se cuenta con una Canaleta Parshall graduada con 45 cm (0.45 metros). El monitoreo en este afluente se realizará cada hora registrándose el tirante de agua. Esto con el objetivo de poder determinar el caudal por hora en el afluente, utilizando la ecuación propuesta por (Marais & Van Haandel, 1980):

Ecuación 1.- Ecuación para determinar el caudal del afluente

$$Q = 2.2 * W * H^{3/2}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

W: Ancho de la garganta (m)

H: Carga o altura de la lámina de agua (m)

- En el efluente del sistema de tratamiento no cuenta con canaleta Parshall, por lo tanto, se tomará en consideración el siguiente procedimiento:

Ecuación 2.- Determinación de caudal del efluente

$$Q = V * A \text{ (} m^3/\text{seg)}$$

Donde:

Q = Caudal en m^3/s

V: Velocidad del flujo de agua (m/s)

A: área (obtenida de multiplicar el ancho del canal y el tirante de agua registrado cada hora)

Nota: Teniendo en cuenta que para medir la velocidad se utilizó un objeto flotante que, al ser colocado en el espejo de agua, este recorrió cierta distancia (la cual se graduó en metros), y midiendo el tiempo de desplazamiento de un lugar a otro, se pudo determinar la velocidad en m/s.

- Para poder cumplir con el objetivo planteado, se realizaron cuatro aforos de 24 horas cada uno, en un periodo comprendido del día sábado 19 de agosto al viernes 25 agosto del año 2017. El cronograma establecido para la medición de caudal fueron los siguientes:

Tabla 5.- Cronograma del aforo del STAR

Nº de aforos	Días	Fecha	Hora de inicio y salida	Periodo o duración	Observaciones
Nº 1	Sábado – domingo	19/08/17 - 20/08/17	6:00 a.m. – 6:00 a.m.	24 horas	-
Nº 2	Domingo – lunes	20/08/17 – 21/08/17	6:00 a.m. – 6:00 a.m.	24 horas	-
Nº 3	Martes – miércoles	22/08/17 – 23/08/17	6:00 a.m. – 6:00 a.m.	24 horas	-
Nº 4	Jueves - viernes	24/08/17 – 25/08/17	6:00 a.m. – 6:00 a.m.	24 horas	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.1 Ficha de campo

La ficha de campo permitió registrar la información recolectada en el momento de la lectura de los caudales, como se observa en la tabla N.º 6:

Tabla 6.- Aforo de los caudales

Registros de Medición de Caudales					
Hora	Afluente		Efluente		
	Canaleta Parshall		Agua Tratada		
	H (cm)	Caudal (l/s)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Caudal (l/s)
06:00 a.m.					
07:00 a.m.					
08:00 a.m.					

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2 Determinación del tiempo de retención

4.2.2.2.1 Balance hídrico

De acuerdo a los valores obtenidos en la medición de caudal, el balance hídrico permitió corregir el caudal del afluente de cada unidad de tratamiento con la siguiente ecuación (Cortes Martinez, y otros, 2011):

Ecuación 3.- Ecuación del balance hídrico

$$Q_e = Q_i - 0.001Ae$$

Donde:

Q_e: caudal en el efluente de la laguna (m³/día)

Q_i: caudal medio del afluente (m³/día)

A: área de la laguna (m²)

e: factor de evaporación (mm/día)

Nota: El valor de evaporación fue obtenido en base a los datos de la media anual, proporcionados por la estación meteorológica ubicada en Ocotlán, según los valores de INETER 2017. Considerando la estación más cercana al sitio de estudio.

En cuanto a los valores de precipitación se desestiman, ya que se cuenta con vertederos de demasías los cuales eliminan los excedentes de aguas pluviales en las lagunas, vertiéndolas directamente al río Cacaulí, evitando así sobrecargas hidráulicas en el sistema.

De igual forma los valores de infiltración fueron despreciados, debido a que con las mejoras que se le realizó el sistema, se recubrieron las lagunas con un geotextil, lo cual evita la infiltración de aguas subterráneas a las unidades del STAR.

4.2.2.2 Periodo de retención

El período de retención para cada laguna del sistema se obtuvo en forma teórica, siendo el valor presentado una relación entre el volumen calculado entre el balance hídrico y el caudal afluente promedio, como se muestra en la ecuación (Arthur, 1984).

Ecuación 4.- Determinación del periodo de retención

$$TRH = \frac{V \text{ lag (m}^3\text{)}}{Q_{\text{medio (m}^3\text{/día)}}$$

Se realizó un análisis entre la relación de las variables teóricas como son: tiempo de retención hidráulica y eficiencias, tomando como referencia las investigaciones de (Yanez Cossio, 1990).

4.2.3 Tercera etapa

4.2.3.1 Recolección y preparación de muestra

Para el diseño de las muestras fisicoquímicas se tomó en cuenta lo siguiente, de acuerdo al Decreto 33-95 en su Arto. 16 “Los valores de los parámetros de las

descargas residuales domesticas a redes de alcantarillado sanitario y cuerpos receptores, se obtienen del análisis de muestras compuestas que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas estas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo”.

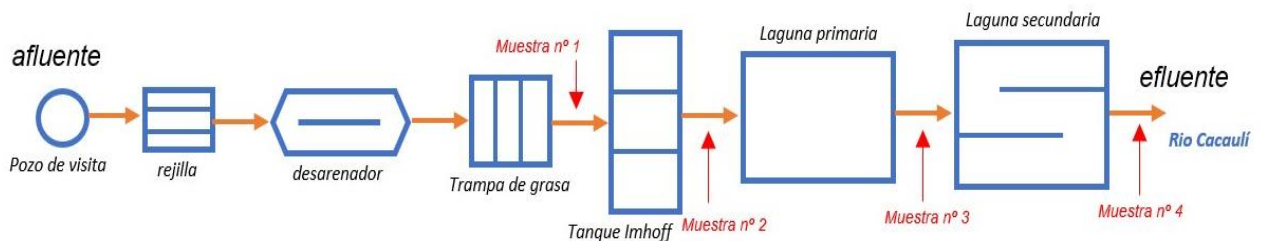
Tabla 7.- Muestreo

Horas por día de descarga	Numero de muestras	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
24 horas	12	1	2

Fuente: Decreto 33-95.

Dichos muestreos se efectuaron en un lapso de cuatro días en la semana, iniciando en el día domingo 20 de agosto como inicio de semana, para culminar el día viernes 25 de agosto. Las tomas de muestras se realizaron en los puntos más representativos (entrada del tanque Imhoff, entrada de la laguna primaria, entrada de la laguna secundaria y salida de la laguna secundaria), durante un período consecutivo de veinticuatro horas a intervalos de una hora cada toma de muestra

Esquema 5.- Puntos de la toma de muestras en el STAR



Fuente: Elaboración propia

El tipo de muestra recolectada es compuesta, esto para minimizar los efectos de las variaciones puntuales en la concentración de los parámetros que se analizaron, y es de forma manual en cada uno de los puntos de muestreo, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 8.- Ubicación, espécimen y periodo de muestras

Tipo de muestra	Localización	Días	Frecuencia (C/día)	Nro. Total de Muestras
Compuesta	Entrada del tanque Imhoff	4	24 horas	3 muestras
Compuesta	Entrada de la laguna primaria	4	24 horas	3 muestras
Compuesta	Entrada de la laguna secundaria	4	24 horas	3 muestras
Compuesta	Salida de la laguna secundaria	4	24 horas	3 muestras

Fuente: Elaboración propia

Una vez se definieron los puntos de muestreo, se procedió a la recolección de muestras. Éstas se recolectaron en recipientes de polietileno con capacidad de un galón para cada muestra compuesta.

Para evitar la contaminación de las muestras, fue necesario utilizar un envase graduado con su respectivo embudo, en cada uno de los puntos de muestreo.

Ilustración 9.- Material usado para la extracción de las muestras



Fuente: Elaboración propia

Los recipientes se llenaron con la muestra de agua residual provenientes de cada una de las etapas antes descritas, para posteriormente ser rotulados con la fecha y

hora del muestreo, preservándolos en un termo con hielo, como se observa en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 10.- Rotulación de las muestras

Muestras de STAR nuevo Somoto	
Fecha	
Hora	
Fuente	
N° de muestra	
Tipo de muestreo	
Muestra tomada por	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11.- Preservación de la muestra



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Toma de muestras en campo

La cantidad de muestra colectada por hora se determinó mediante la siguiente operación matemática (ITOXDEF, 2016):

Ecuación 5.- Volumen de alícuota por hora

$$V_i = Q_i * V / Q_p * n$$

Donde:

Vi = volumen de alícuota de muestra simple (L)

Qi = caudal a la hora de la muestra simple (L/s)

V = volumen total del recipiente (L)

Qp = caudal promedio (L/s)

N = número de muestras integrales tomadas a las diferentes horas.

Esta ecuación dio paso a cumplir el objetivo principal, con las muestras necesarias, para los estudios de laboratorio de Fósforo total y Coliformes totales / Fecales.

4.2.3.4 Parámetros físico químicos evaluados

En esta etapa se realizaron los análisis de las muestras recolectadas en campo, que se llevaron a los laboratorios del Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente (PIENSA) en Managua, para obtener sus resultados.

Tabla 9.- Parámetros físico-químicos y bacteriológicos

Parámetro	Lugar de medición	Método SM/EPA
Fósforo total	Laboratorio	SM/EPA 4500-C
Coliformes totales	Laboratorio	SM/EPA 9221D
Coliformes fecales	Laboratorio	SM/EPA 9221E

4.2.4 Cuarta etapa

4.2.4.1 Regulaciones ambientales

4.2.4.1.1 Análisis del Decreto 33 – 95 y del Decreto 21 – 17

Una vez se obtuvieron los resultados de los análisis de laboratorio, se realizó una comparación con los límites permisibles que se exponen en el decreto 33 – 95 (Art. 22 y Art. 25), recalcando también la comparación con los límites máximos permisibles del nuevo decreto 21 – 17 (en su Art. 26).

Tabla 10.- Valores máximos permisibles por el Decreto 33 – 95 y 21 – 2017

Parámetros	Rangos y límites máximos permisibles promedio diario Decreto 33 – 95, Art. 23	Rangos y límites máximos permisibles promedio diario Decreto 21 – 2017, Art. 26
DBO ₅ (mg/L)	110	110
fósforo (mg/L)	-	10
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1.00E+03	1.00E+05 (2017-2022)

Recalcando que los rangos máximos permisibles propuestos por el Decreto 33-95 son para poblaciones de hasta 75,000 habitantes.

4.2.4.2 Coliformes fecales

Este proceso de identificación de Coliformes, se realizó mediante la técnica de tubos de fermentación o números más probables (NMP) publicado por la American Public Health Association (1970 y 1980), el cual usa como medios de cultivos caldo Lauril sulfato y Caldo Bilis Verde Brillante, indicado para la cuantificación de Coliformes totales (CT) y fecales (CF).

Inicialmente se tenía pensado comparar los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras de Coliformes fecales y totales con respecto al Artículo 22. “Los límites máximos permisibles de Coliformes fecales medidos como número más probable no deberá exceder de 1,000 por cada 100 en el 80% S; de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5,000 por cada 100 ml” del Decreto 33-95.

Pero teniendo en cuenta que este Decreto fue derogado, al entra en vigencia el nuevo Decreto 21-2017, aprobado el 28 de noviembre del 2017 y que fue publicado en La Gaceta, No. 229 del 30 de noviembre de 2017, por lo que también se consideraron los nuevos lineamientos que este establece en su Artículo 26.

4.2.4.3 Nutrientes

Según el Decreto 33-95 en su Artículo 25. Habla que “Los rangos y límites máximos permisibles para el fósforo y el nitrógeno serán fijados por MARENA de acuerdo a las características del cuerpo receptor”.

Y que así mismo MARENA dictara las normas de calidad de los efluentes provenientes de plantas geotérmicas que se vierten a cuerpos receptores. Para las plantas geotérmicas que ya estén en operación MARENA establecerá un plan de cumplimiento de estas normas.

Por lo que para poder determinar el rango máximo que se debe de cumplir los nutrientes se analizó con lo reportado en el Decreto 21 – 2017 en su Artículo 26 “de los vertidos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico”.

4.2.4.3.1 Determinación de carga de nutrientes en función del fósforo

Para la determinación de las cargas nutrientes se hará en función del fósforo mediante la ecuación:

Ecuación 6.- Determinación de carga de nutrientes en función del fósforo

$$CN \text{ fósforo} = \text{concentración} \times \text{caudal} \times 0.0864$$

Donde:

Concentración: Valores de concentración de Fósforo en el efluente del STAR expresada en mg/L.

Caudal: caudal promedio expresado en L/s

0.0864 = conversión de mg/L a Kg/día para el cálculo de la COT.

Una vez obtenidos los valores de concentraciones con respecto al fósforo y caudal promedio, se procede al cálculo del aporte de carga de nutrientes que es liberada al Rio Cacaúlí.

4.2.4.4 Determinación de las eficiencias en el STAR

Para la determinación de la eficiencia en remoción de materia orgánica en el tanque Imhoff, se utilizará la ecuación recomendada por Gámez (2009):

Ecuación 7.- Determinación de las eficiencias del STAR Somoto

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Afluyente-Efluente}}{\text{Afluyente}} * 100$$

A través de la ecuación N.º 7, se obtiene la eficiencia en el afluyente y efluente del STAR, con respecto a los valores de coliformes fecales y fósforo total.

4.2.5 Quinta etapa

4.2.5.1 Determinación de la carga orgánica

En esta etapa se tomó en consideración los valores de DBO₅, proporcionados por la investigación de *“Evaluación de la Remoción de Carga Orgánica del Nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua.”* Elaborada por (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016). Con el objetivo de estimar los gases de efecto invernadero, específicamente Metano (CH₄) que emana el STAR nuevo de la ciudad de Somoto.

4.2.5.1.1 Determinación de carga orgánica total

Para la determinación de la carga orgánica total a tratar se obtiene mediante la ecuación:

Ecuación 8.- Determinación de carga orgánica total

$$\text{COT} = \text{Concentración} \times \text{caudal} \times 0.0864$$

Donde:

Concentración: Valores de DBO₅ en el efluente de diferentes unidades de tratamiento, como son: tanque Imhoff, laguna primaria y laguna secundaria, expresada en mg/L.

Caudal: caudal promedio expresado en L/s.

0.0864 = conversión de mg/s a Kg/día para el cálculo de la COT.

$$1 \frac{\text{mg}}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = \frac{86400}{1000000} = 0.0864 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Una vez obtenidos los valores de concentraciones con respecto a DBO₅ y caudal promedio en el efluente del tratamiento primario y secundario, se procede al cálculo del aporte de carga orgánica que es liberada al río Cacaúlí. Se consideró un valor promedio de evaporación anual de 2,088 mm para el municipio de Somoto, obtenido del registro histórico de INETER (2017).

4.2.5.1.2 Determinación de carga orgánica per cápita

La determinación de carga orgánica per cápita, determina la cantidad de carga orgánica presente en el afluente por persona y se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9.- Carga orgánica per cápita

$$\text{COP} = \frac{\text{CO}}{\text{P}}$$

Donde:

CO: Carga orgánica (kg DBO₅/día).

P: Población (hab). (Población conectada al STAR según ENACAL 2014).

COP: carga orgánica per cápita (gr DBO₅/ hab/ día).

4.2.5.1.3 Determinación de la carga orgánica superficial

- **Método de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Yáñez (1992)**

Utilizando este método ya que es el que más se adecua al diseño de las lagunas de Nicaragua, ya que las normativas manejan el diseño con respecto a Yáñez.

El CEPIS, a través de los estudios conducidos por Yáñez, propone que esa carga superficial máxima (Csm) se puede estimar a partir de:

Ecuación 10.- Carga superficial máxima

$$C_{sm} = 357.4 * 1.085^{T-20}$$

Donde:

T: la temperatura en °C, en el mes más frío.

- **Carga orgánica superficial aplicada real**

Se adquiere mediante los valores de concentración obtenidos a través de los parámetros de DBO₅, caudal promedio y el área real de la laguna, De tal forma, se expresa en la ecuación N.º 11:

Ecuación 11.- Carga orgánica superficial aplicada

$$Csa = \frac{\text{Consentracion x Caudal}}{\text{Area de la laguna}}$$

- **Remoción esperada de materia orgánica**

Se calcula mediante la ecuación Yáñez – CEPIS (1980):

Ecuación 12.- Remoción esperada de carga orgánica

$$Csm = 7.67 + 0.8063 * Csa$$

Donde:

Csa: Carga orgánica superficial a aplicar

4.2.6.1 Determinación de los gases de efecto invernadero (GEI)

4.2.6.1.1 Determinación de metano por medio del método de examen

Esquema 6.- Elección según el método del examen de la IPCC



- Este método se utiliza para los países que se encuentran en el nivel uno, para ello cuenta con la siguiente ecuación.

Ecuación 13.- Calculo del metano por el método del examen

$$WM = P \cdot D \cdot SBF \cdot FE \cdot FTA \cdot 365 \cdot 10^{-6}$$

Donde:

WM = Emisión anual de CH₄ procedente de aguas residuales domésticas, por país (kg CH₄/año)

P = Población nacional o urbana de algunos países en desarrollo (número de personas)

D = Carga orgánica en la demanda bioquímica de oxígeno por persona (gr de DBO₅/persona/día).

SBF = Fracción de la DBO₅ que se sedimenta rápidamente, valor por defecto = 0,5

FE = Factor de emisión (gr de CH₄/g de DBO₅), valor por defecto = 0,6

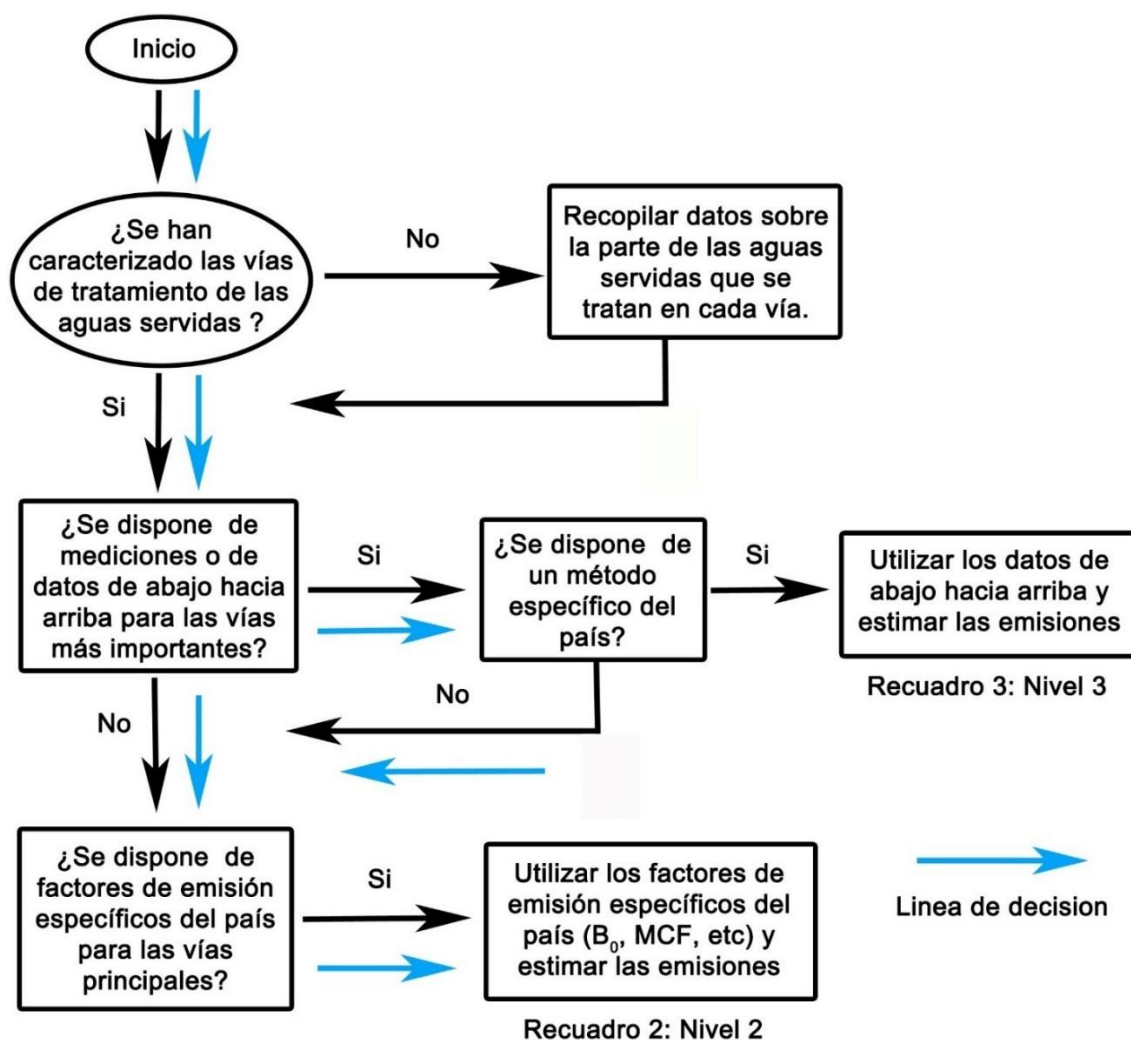
FTA = Fracción de la DBO₅ presente en los lodos que se degrada anaeróbicamente, valor por defecto = 0,8

Nota: para la carga orgánica con respecto al DBO₅ se utilizó los datos de los cálculos efectuados de carga orgánica per cápita procedente de cada unidad de tratamiento en el STAR.

4.2.6.1.2 Determinación de la emisión de metano por el método de recopilación de datos

Mediante el árbol de decisiones que se encuentra en el siguiente esquema se observa de forma clara el nivel al que pertenece Nicaragua, y de esta manera se conoce cuál es el método aplicable para la estimación del metano en el STAR de Somoto.

Esquema 7.- Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de las aguas residuales domésticas



Fuente: (IPCC, 2006)

- Se determinó las emisiones de GEI por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 14.- Emisiones totales de metano procedentes de las aguas residuales domésticas

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \left[\sum_{i,j} (U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde:

Emisiones de CH₄ = emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg. de CH₄/año

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO₅/año

S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de DBO₅/año

U_i = fracción de la población del grupo de ingresos *i* en el año de inventario.

T_{i,j} = grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación *j*, para cada fracción de grupo de ingresos *i* en el año del inventario.

i = grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos.

j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación.

EF_j = factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO₅.

a) Elección de los factores de emisión

Para encontrar los factores de emisión de CH₄, se utilizaron las siguientes formulas:

Ecuación 15.- Factor de emisión de metano para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde:

EF_j = factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO₅.

j = cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación.

B_o = capacidad máxima de producción de CH₄, kg. de CH₄/kg. de DBO₅.

MCF_j = factor corrector para el metano (fracción)

Para mantener la coherencia con los datos de la actividad, se expresa en la siguiente tabla los valores por defecto para el potencial máximo de producción de CH₄ para las aguas residuales domésticas.

Tabla 11.- Capacidad máxima de producción de Metano

CAPACIDAD MÁXIMA DE PRODUCCIÓN DE CH₄ (B₀) POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
0.6 kg de CH₄/kg de DBO₅
0.25 kg de CH₄/kg de DBO₅
Basado en dictámenes de expertos realizado por autores principales y en Doom et al., (1997)

(incluye los valores por defecto para el potencial de producción de metano).

Fuente: (IPCC, 2006)

Tabla 12.- Valores MCF por defecto para las aguas residuales domésticas

VALORES DE MCF POR DEFECTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS			
Tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación	Comentarios	MFC ⁱ	Intervalos
Sistema tratado			
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros, Recurrir al dictamen de expertos.	0.2	0 – 0.3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros	0.8	0.8 – 1.0
Fuente: Basado en dictamen de expertos realizado por los autores principales y en Doom et al., (1997)			

Fuente: (IPCC, 2006).

NOTA: Gracias al aporte del Programa de Investigación estudios nacionales y servicios ambientales (PIENSA), y en base a juicio de expertos y estudios utilizaron factores de conversión de metano (MCF) se utilizarán los datos de estudios hechos en Nicaragua: Lagunas de estabilización (0.22).

b) Elección de los datos de la actividad

Para esta categoría de fuente son la cantidad total de materia orgánica degradable en las aguas residuales (Total Organic Waste, TOW). Este parametro es una funcion de la poblacion humana y del indice de generacion de DBO₅ por persona. Se expresa en terminos de requisito bioquimico de oxigeno (Kg. De DBO₅/año).

Ecuación 16.- Total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas

$$\text{TOW} = P \times \text{DBO} \times 0.001 \times I \times 365$$

Fuente: (IPCC, 2006)

Donde:

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg. de DBO₅/año

P = población del país en el año del inventario, (personas)

DBO = DBO₅ per cápita específico del país en el año del inventario, g/persona/día

0,001 = conversión de gramos de DBO₅ a kilogramos de DBO₅

I = factor de corrección para DBO₅ industrial adicional eliminado en las cloacas (si es recolectado el valor por defecto es 1,25, si no es recolectado el valor por defecto es 1,00.)



Lider en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO V

• Resultados

*“Miles de personas han sobrevivido sin amor;
ninguna sin agua.”*

- W. H. Auden.

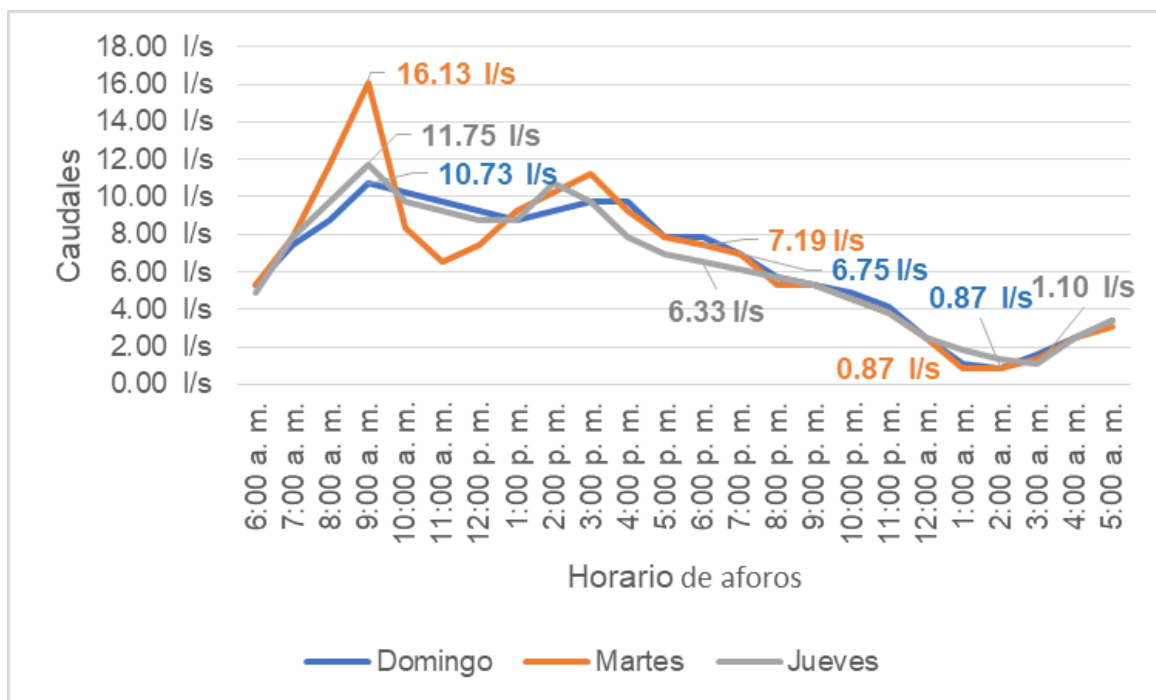
CAPITULO V. RESULTADOS

5.1 Aporte, distribución y variación de caudales

En la siguiente tabla, se muestran los resultados del aforo de caudales realizado el día domingo 20 de agosto del año 2017, efectuado durante 24 horas, obteniendo los caudales que ingresan como afluente y egresan como efluente del STAR.

En el siguiente gráfico se puede observar el comportamiento en las variaciones de caudal en el afluente a lo largo de los días de aforo, señalando los valores máximos, medios y mínimos en cada día.

Grafico 1.- Registro de medición de caudales en el afluente



A través de los aforos realizados en el periodo comprendido del día domingo 20 al día jueves 24 de agosto, se procede a realizar los histogramas de caudales, donde se muestran los caudales máximos, medios y mínimos, de cada día en que se llevó a cabo los aforos. Tal y como se muestran en los siguientes gráficos de afluente y efluente:

Grafico 2.- Caudales promedios máximos, medios y mínimos en el afluente

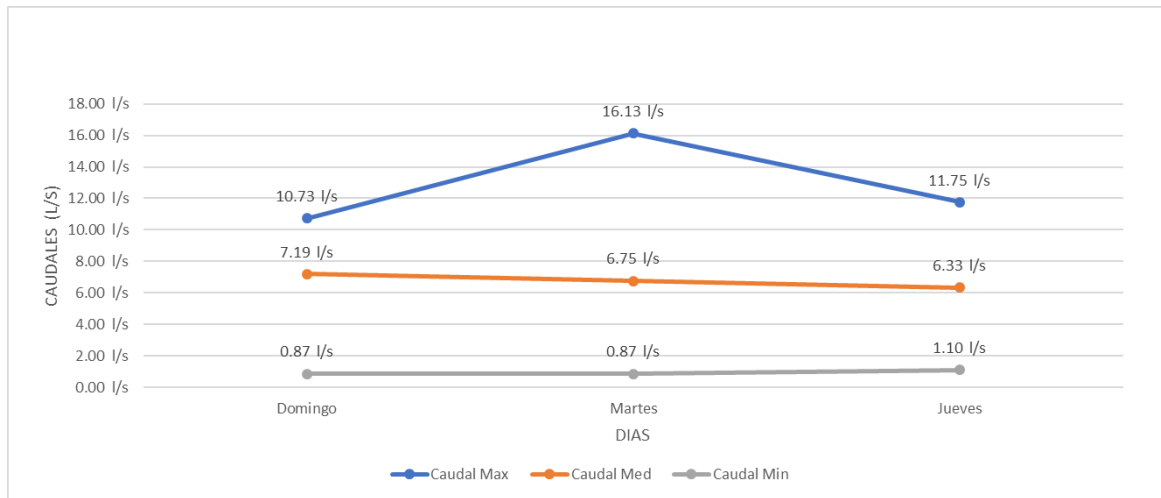
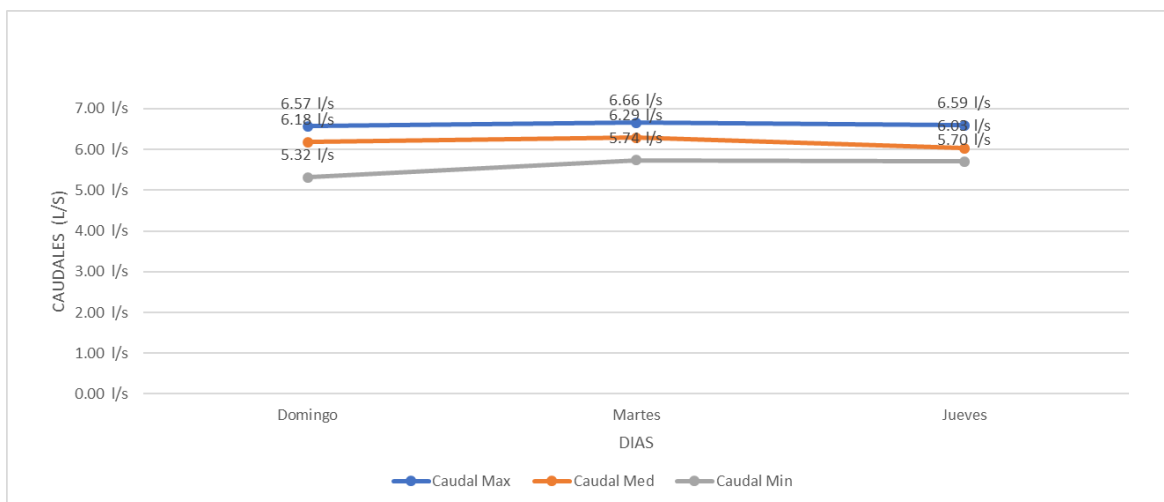


Grafico 3.- Caudales máximos, medios y mínimos en el efluente



De acuerdo a la interpretación de los resultados en los aforos, se puede visualizar la variación de caudales que existen en el afluente del STAR, conociendo que dentro del periodo de las 6:00 a.m. a las 8:00 a.m. se registran los datos de mayor demanda. Sin embargo, de acuerdo al seguimiento de la variable, el caudal pico se registra a las 09:00 a.m., esto debido a que la población inicia sus labores domésticas y cotidianas (lavado de ropa, lavado de trastes y el aseo personal), pero las aguas tardan en recorrer el sistema de alcantarillado sanitario hasta llegar al STAR, lo cual influye en la hora de mayor demanda.

En el caso de las horas de menor demanda se comprende en un periodo entre 00:00 a.m. a las 05:00 a.m., donde la actividad doméstica y cotidiana en particular se reduce al máximo.

En los aforos realizados, los caudales en el afluente del STAR oscilan entre 0.87 L/s \pm 16.13 L/s, registrando un caudal promedio general de 6.76 L/s. Siendo este valor mayor al caudal de diseño del STAR que es de 5.83 L/s.

Los caudales en el efluente del STAR, se mantienen casi constantes en su flujo registrando caudales promedios mínimos y máximos que oscilan entre los 5.32 L/s \pm 6.66 L/s, registrando un caudal promedio equivalente a 6.17 L/s.

Tabla 13.- Datos históricos del caudal en el afluente del STAR de Somoto

Ciclo de toma de caudales	Caudal promedio afluente	
	m ³ /día	L/s
Actual 2017	583.74	6.76
Alvarado & Villanueva (2016)	576.29	6.67
ENACAL 2014	512.00	5.93

En la tabla anterior se puede constatar el crecimiento de caudal en el afluente del STAR según las últimas fuentes de aforos realizados. Las posibles razones en el aumento del susodicho en los últimos años son las siguientes:

- Crecimiento poblacional.
- Crecimiento de las conexiones ilegales al alcantarillado sanitario.
- Infiltraciones al alcantarillado sanitario.
- Desperdicios de agua por parte de la población.
- Conexiones de la industria de rosquillas artesanales.

Los resultados adquiridos a través de los monitoreos en la medición de caudales se dan a conocer como consecuencia en la variación que existe en cada hora como la toma de muestra en el afluente y efluente, (Ver Anexo N.º 1).

5.2 Determinación del caudal de la laguna mediante el balance hídrico

Con los datos del balance hídrico es posible comparar recursos específicos de agua en un sistema, en diferentes períodos de tiempo, y establecer el grado de su influencia en las variaciones del régimen natural. (Sqkolov & Chapman, 1981)

Tabla 14.- Caudal de la laguna mediante el balance hídrico

Unidades de tratamiento	Caudal promedio diario STAR	Evaporación	Área	Caudal de la laguna	
Laguna primaria	583.74 m ³ /día	5.80 mm/día	2,178.00 m ²	6.61 L/s	571.11 m ³ /día
Laguna secundaria	583.74 m ³ /día	5.80 mm/día	5,408.00 m ²	6.39 L/s	552.37 m ³ /día

El dato promedio de evaporación fue tomado de los parámetros de evaporación media de la estación meteorológica de Ocotlán, siendo los valores del año de estudio (INETER, 2017).

Se tuvo en cuenta el cálculo de balance hídrico, para conocer el caudal en el efluente de cada laguna y así saber cuánto influye la evaporación en la reducción de su flujo, notando una reducción de caudal en la laguna secundaria debido al aumento de su área con respecto a la laguna primaria.

Sabiendo además que el balance hídrico solo se aplica en lagunas facultativas y de maduración, ya que en las anaerobias no es posible, debido a que generalmente la superficie es cubierta de una nata, que evita en forma importante la evaporación. (Cortés Martínez, y otros, 2011), y en Somoto la presencia de natas se da en los bordes de las lagunas

5.2.1 Determinación del periodo de retención

Es importante recalcar que el período de retención es fundamental en la reducción de cargas contaminantes. En la tabla N.º 15, se muestran los valores del periodo de retención para ambas lagunas:

Tabla 15.- Periodo de retención hidráulico TRH

Unidad de Tratamiento	Volumen	Caudal de las lagunas	TRH
laguna primaria	3,267.00 m ³	571.11 m ³ /día	6 días
laguna secundaria	7,030.40 m ³	552.37 m ³ /día	13 días

En la tabla anterior, se tiene como resultado un periodo de retención en la laguna primaria de seis días y posteriormente en la laguna secundaria un valor de 13 días. Teniendo como tiempo de retención hidráulica total un periodo de 19 días.

Cumpliendo con las recomendaciones de la OMS, de 10 días mínimos para remover huevos de helmintos y cargas contaminantes en lagunas facultativas (Mara & Cairncross, 1989).

Cabe recalcar que, debido a la colmatación en las lagunas, el valor real de los periodos de retención se ve afectado, los cuales podrían variar si las condiciones de funcionamiento en las lagunas fuesen las adecuadas.

5.3 Resultados de análisis físicos – químicos del STAR

En la siguiente tabla, se muestran los resultados promedios de los análisis realizados en los laboratorios del PIENSA.

Tabla 16.- Resultados promedios del monitoreo de muestras

MONITOREOS DEL 20 AL 25 DE AGOSTO DEL 2017			
UNIDADES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS (VALORES PROMEDIOS)		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	Fósforo total
Afluente	1.43E+07 NMP/100ml	1.23E+06 NMP/100ml	4.650 mg/L
Entrada laguna primaria	3.91E+07 NMP/100ml	9.03E+06 NMP/100ml	2.590 mg/L
Entrada laguna secundaria	1.16E+07 NMP/100ml	5.22E+06 NMP/100ml	4.677 mg/L
Efluente	3.90E+05 NMP/100ml	1.17E+05 NMP/100ml	2.248 mg/L

Los valores obtenidos en laboratorio, se dan producto de la toma de muestras compuestas a lo largo de las unidades de tratamiento que forman el STAR nuevo de la ciudad de Somoto. Estos datos pueden diferir a valores obtenidos en estudios anteriores, debido al incremento de caudal en los últimos años, las condiciones climatológicas a la hora de la toma de muestras, las condiciones operacionales del sistema, el tipo de muestreo (simple o compuesto), entre otros.

Ver en Anexo N.º 5, los resultados individuales de los análisis de laboratorio con mayor detalle.

5.4 Determinación de carga de nutrientes (fósforo total)

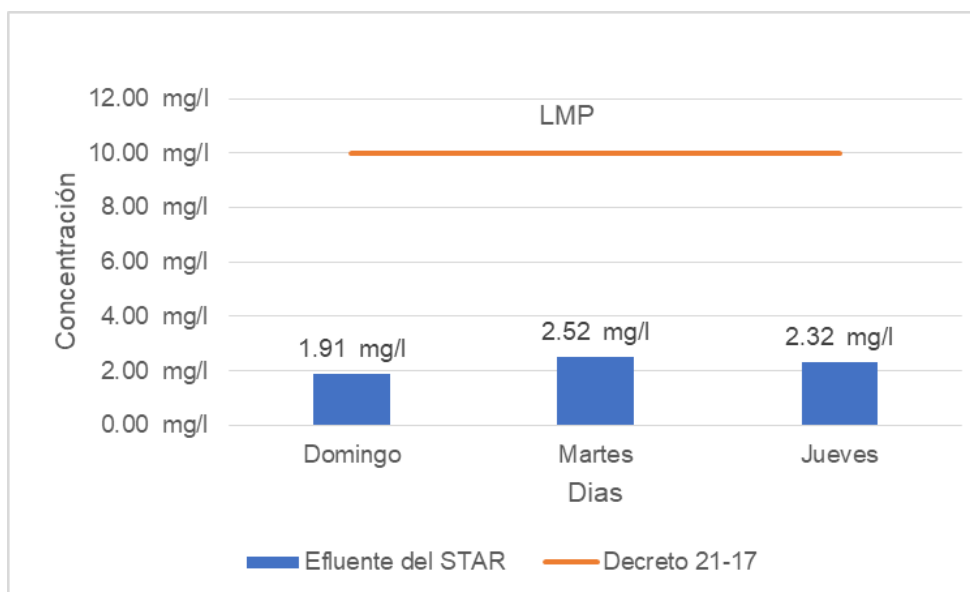
Tabla 17.- Resultados de fósforo total vs Decreto 21-2017 en cada fase de tratamiento

MONITOREOS DEL 20 AL 25 DE AGOSTO DEL 2017			
Unidades de tratamiento	Días de monitoreo		
	Domingo	Martes	Jueves
Afluente	3.543 mg/L	5.838 mg/L	4.570 mg/L
Entrada laguna primaria	3.831 mg/L	1.713 mg/L	2.226 mg/L
Entrada laguna secundaria	5.806 mg/L	2.274 mg/L	5.950 mg/L
Efluente	1.905 mg/L	2.515 mg/L	2.323 mg/L
Decreto 21 - 17	10 mg/L	10 mg/L	10 mg/L

Límite máximo permisible del decreto 21 – 17 **Valores del Efluente STAR Somoto**

Debido a la falta de valores máximos permisibles en el Decreto 33-95 con respecto a los nutrientes. Estos valores se compararon con los del nuevo decreto 21-17, que en su Artículo 26 estipula que los valores máximos de fósforo que pueden ser vertidos a un cuerpo receptor, deben de ser de 10 mg/L, lo cual en base a los resultados obtenidos en laboratorios podemos decir que, si cumplen con esta normativa, ya que los valores que se dieron son menores considerablemente a los impuestos (valor promedio en el efluente: 2.25 mg/L).

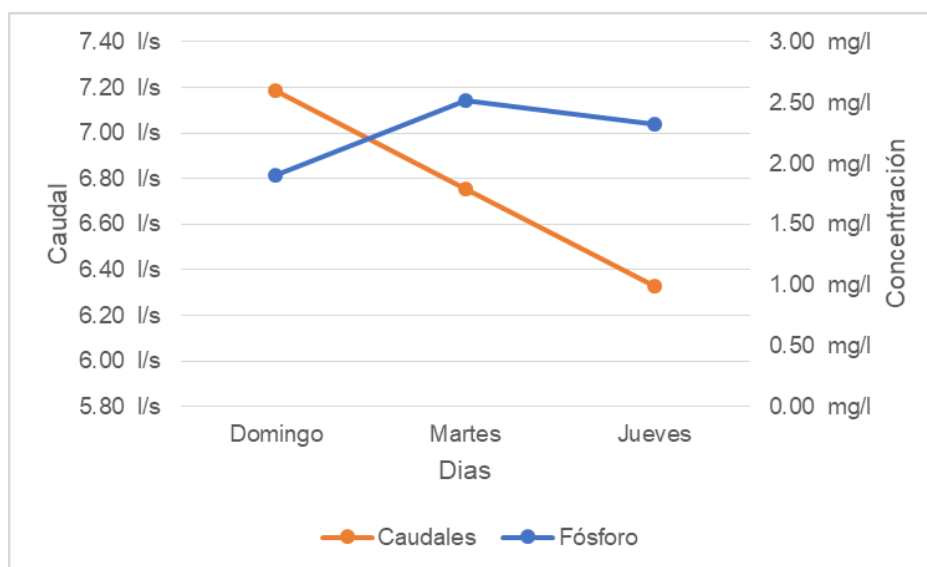
Grafico 4.- Fósforo total vs decreto 21 - 17



Las concentraciones de fósforo en el STAR se deben mayormente al uso de detergentes ya que estos contienen gran cantidad de fosfatos, la variación en los resultados de fósforo se dan debido al incremento en las actividades domésticas conforme van transcurriendo la semana, también a las conexiones de auto lavados a la red de alcantarillado. Siendo en la laguna primaria donde se registra los niveles más altos de este nutriente, que al pasar a la laguna secundaria da a la formación de algas, si bien es cierto que estas algas ayudan a la remoción de las cargas contaminantes, también se convierten en el principal alimento de las tortugas que habitan en las lagunas, siendo estas las que provocan obstrucciones en los canales de conducción.

Además, se debe tener en cuenta, que el incremento en las concentraciones de fósforo se da cuando hay una reducción en el caudal que llega al STAR, y una disminución en la concentración de este nutriente cuando el caudal aumenta; esto debido a la dilución que puede provocar el crecimiento en el volumen de agua que entra en el sistema, como se puede ver en el grafico N. ° 5.

Grafico 5.- Relación entre el caudal y la concentración de fósforo



A continuación, en la tabla N.º 18, se presenta el valor de la carga de nutrientes en función del fósforo, que es vertida en el Rio Cacaúlí.

Tabla 18.- Carga de nutrientes en función del fósforo

Carga de nutrientes en el efluente del STAR			
Unidad	Caudal promedio STAR	Concentración fósforo	Carga de nutriente
Efluente	6.76 L/s	2.25 mg/L	1.31 kg/día

Conversión de mg/L a Kg/día = 0.0864.

A pesar de que la concentración de fósforo total en el efluente del STAR, es considerablemente baja con respecto a lo estipulado en el Decreto 21-17, este puede sufrir una fluctuación en dependencia del clima, provocando de esta forma un incremento en la carga de nutrientes en el verano debido a las altas temperaturas.

Actualmente gracias a la cantidad considerable en la carga de nutrientes que es vertida al Rio Cacaúlí, procedente de las unidades de tratamiento que conforman el STAR de Somoto, estas han provocado un proceso de eutrofización en sus aguas lo cual contribuye al crecimiento de algas que impiden el paso de la luz solar,

evitando de esta forma la fotosíntesis que ayuda a la producción de oxígeno para la vida en el ecosistema.

En cierta forma este fenómeno incide en la descomposición de las aguas, lo cual conlleva a la producción de gases y malos olores en el ambiente. Cabe recalcar que, en los últimos años, la mayor parte del agua tratada que proviene del STAR es utilizada para el riego de sácate, cultivo de maíz y sorgo.

Destacando que el fosforó es uno de los principales nutrientes vitales para el crecimiento y salud de las plantas, es por eso que los cultivos de maíz aledaños al STAR de Somoto, siempre se mantienen con una coloración verde intenso, esto debido al enriquecimiento de nutrientes en el suelo gracias al riego con aguas procedentes del sistema. Recalcando que, según García F, 1997, el maíz absorbe cerca de 33.6 kg de fósforo en los primeros 50 días, y la tasa de absorción alcanza su máximo nivel a los 1.7 kg de fósforo por día, después de aproximadamente 60 días de crecimiento, y en el efluente del STAR de Somoto se obtiene una carga de fósforo de 1.31 kg/día, lo cual contribuye al desarrollo de los cultivos para la cual se utiliza esta agua como riego.

El reusó de estas aguas es de gran importancia para reducir considerablemente las cargas contaminantes que se disponen en los cuerpos receptores superficiales y subterráneos, mediante vías simples, efectivas y de menor costo. Además, para el mejoramiento de importantes áreas agrícolas aportándole materias orgánicas y nutrientes, que son vitales para la subsistencia y desarrollo de las plantas, y de esta forma reducir el uso de agroquímicos mediante la reutilización de los nutrientes de las aguas residuales.

Aunque también, las aguas residuales domésticas no tratadas representan un serio riesgo, pues constituyen una importante fuente de agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos (lombrices) que causan infecciones gastrointestinales en los seres humanos. Por lo que se recomienda no reusar estas aguas para el riego de hortalizas ya que estas absorben una gran cantidad de agua, básicamente el 80% de su peso está conformado por agua, lo cual el riego de estos cultivos con aguas residuales generaría un alto riesgo para la salud humana.

5.5 Determinación de carga de patógenos (coliformes fecales)

Tabla 19.- Valores promedios de afluente y efluentes, vs Decreto 33-95

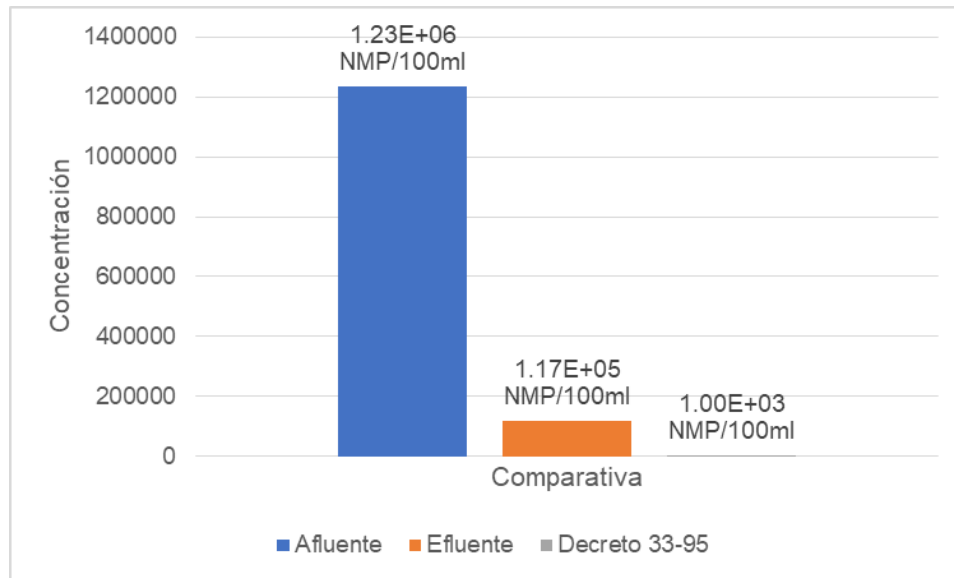
MONITOREOS DEL 20 AL 25 DE AGOSTO DEL 2017			
Punto de muestreo	Días de monitoreo		
	Domingo	Martes	Jueves
Afluente	4.00E+05 NMP/100ml	1.70E+06 NMP/100ml	1.60E+06 NMP/100ml
Efluente	1.10E+04 NMP/100ml	1.70E+05 NMP/100ml	1.70E+05 NMP/100ml
Decreto 33-95	1.00E+03 NMP/100ml	1.00E+03 NMP/100ml	1.00E+03 NMP/100ml

En la tabla anterior, podemos observar que, en el efluente, aunque se realiza una remoción de coliformes fecales con respecto a los valores del afluente, estos no cumplen según la normativa en base a los parámetros del Artículo 22 del Decreto 33-95; que sugiere no exceder el valor máximo permisible de 1.00E+03 NMP/100ml. Lo cual en este caso no se logra cumplir ya que el valor promedio general en el efluente es de 1.17E+05 NMP/100ml.

Teniendo en cuenta que las lagunas de estabilización son la mejor opción para la remoción de patógenos según (Oakley, 2005), Las lagunas de estabilización que están diseñadas y operadas apropiadamente tienen la mejor eficiencia en la remoción en cargas de contaminantes. Y ese es uno de los problemas en el STAR de Somoto, que, por la colmatación de lodos y su falta de mantenimiento, las lagunas no están cumpliendo en su totalidad con los procesos de tratamiento para las cuales fueron diseñadas.

En el siguiente grafico se muestran los valores promedios de coliformes fecales, tanto en la entrada como en la salida general del STAR, comparados con el limite permisible reflejado en el decreto 33-95.

Grafico 6.- Valores de coliformes fecales promedios en el afluente y efluente vs decreto 33-95



En los países centroamericanos se tienen normas muy estrictas con respecto a los valores máximos permisibles que pueden ser vertidos en los cuerpos receptores, por ejemplo, los sistemas de lagunas en Nicaragua no pueden cumplir la norma nicaragüense de coliformes fecales (Oakley, S. M., 1998).

Tabla 20.- Valor promedio de coliformes fecales en el efluente vs limite y periodo establecido por el Decreto 21-17

Unidad de tratamiento	Parámetros promedio
Efluente	1.17E+05 NMP/100ml
Decreto 21-17 (2017 – 2022)	1.00E+05 NMP/100ml

Según el Artículo 24 del nuevo Decreto 21-17 los límites máximos permisibles de coliformes fecales se regirá por medio del principio de gradualidad, con el objetivo de lograr la aplicación de la mejor tecnología practica disponible. Lo cual le da al STAR de Somoto la posibilidad de mejorar sus condiciones de funcionamiento, y así mismo ir mejorando de manera paulatina pero efectiva, la remoción de coliformes fecales a medida que vaya pasando el tiempo.

Por lo cual indica que en el periodo de 2023 – 2026 debe de cumplir con los límites máximos permisibles de 1.00E+04 NMP/100ml, y para el periodo 2027 – 2029 un valor de 1.00E+03 NMP/100ml (valor que actualmente rige el decreto 33-95).

Aunque se puede destacar que el STAR de Somoto en los ultimos años ha venido mejorando minimamente los valores de remosion de coliformes fecales, en la siguiente tabla se muestran valores historicos de coliformes fecales en el efluente del STAR.

Tabla 21.- Valores históricos de coliformes fecales en el efluente del STAR de Somoto

Año de estudio	Valores históricos
GIZ (2012)	4.29E+05 NMP/100ml
ENACAL (2014)	7.90E+05 NMP/100ml
Actual (2017)	1.17E+05 NMP/100ml

Podemos observar que según los valores actuales de coliformes fecales en el afluyente del STAR de Somoto (valor promedio de: 1.23E+06 NMP/100m), se logra un cambio significativo en la remoción de este patógeno en el efluente, esto gracias al uso de mamparas en la laguna secundaria, cabe recalcar que las mamparas no son un tratamiento para la remoción de patógenos, sino que lo que permite es mejorar el régimen hidráulico y modelar un flujo de tipo pistón (Shilton & Harrison, 2003). Por lo que según (Oakley, 2005) cuando el tiempo de retención promedio que aproxima el TRH nominal mínimo de 10 días, se debe obtener una remoción de 2.0 ciclos log10 de coliformes fecales, y en el STAR de Somoto este es de 19 días.

5.6 Determinación de las eficiencias del STAR.

Tabla 22.- Eficiencias en el afluente y efluente general del STAR

Parámetro	Afluente	Efluente	Porcentaje de eficiencia
Coliformes totales (NMP/100ml)	1.43E+07	3.90E+05	97%
Coliformes fecales (NMP/100ml)	1.23E+06	1.17E+05	90%
Fósforo total (mg/L)	4.65	2.25	51%

según los resultados en los análisis de laboratorio, se muestran valores significativos en el porcentaje de eficiencia del STAR; Destacando que en coliformes fecales y totales se alcanzó una remoción arriba del 90% en ambos casos, con respecto a los valores del afluente con los del efluente general del STAR. Aún así no se cumple con las normativas propuestas por el decreto 33-95 y el decreto 21-17, a como se explica en los incisos anteriores.

Apoyándonos por lo que establece Oackley, 2005, que en Nicaragua ningún sistema de tratamiento lagunar, con respecto a la remoción de patógenos, cumple con las normas establecidas (Decreto 33-95, Art. 22).

La eficiencia en la remoción del fósforo es del 51% con respecto a la carga total que entra en el STAR, aunque es un valor medio, suficiente para cumplir por lo estipulado en el Artículo 26 del Decreto 21-17, donde establece que el valor máximo permisible de fósforo que puede ser depositado en el cuerpo receptor no debe exceder los 10 mg/L, y en este caso el valor promedio de fósforo en el efluente del STAR es de 2.25 mg/L.

5.7 Determinación de carga orgánica

Para la determinación de la carga orgánica, fue necesario incorporar los valores de DBO₅, obtenidos en los resultados del análisis de laboratorio de la investigación *“Evaluación de la Remoción de Carga Orgánica del Nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua.”* (Alvarado, R; Villanueva, R, 2016). Ya que son los datos más cercanos al año de estudio.

5.7.1 Determinación de la carga orgánica total y carga orgánica per cápita

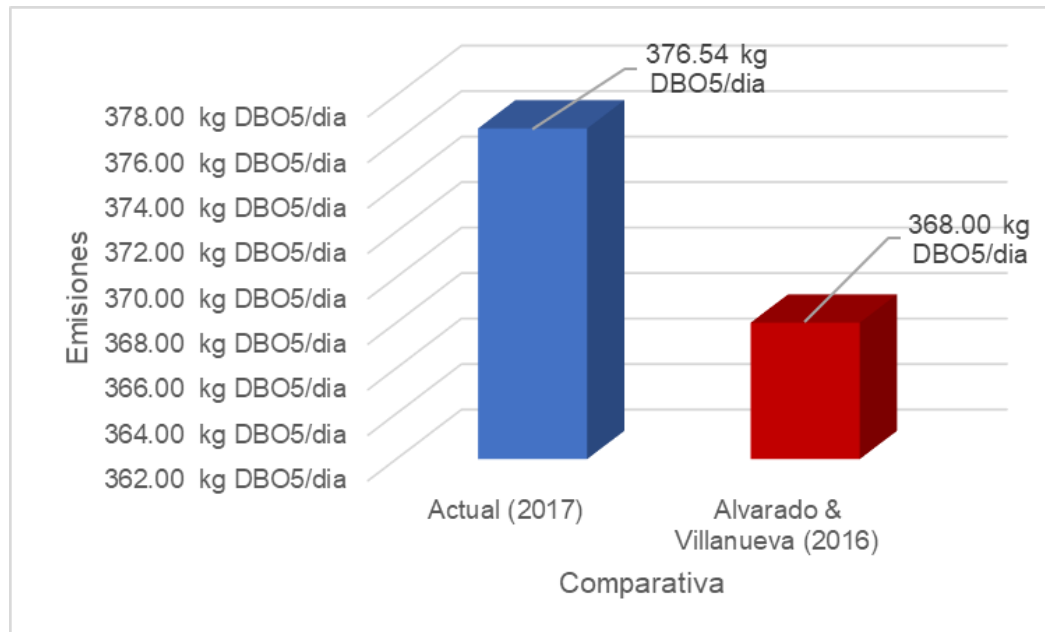
Tabla 23.- Carga orgánica total a tratar en función de DBO₅

Carga orgánica total en efluente por cada unidad de tratamiento con respecto a DBO ₅				
Unidad de tratamiento	Concentración (mg/L)	Caudal promedio (L/s)	Carga orgánica total (kg DBO ₅ /día)	Carga orgánica per cápita (g DBO ₅ hab/día)
Tanque Imhoff	362.14	6.76	211.36	45.89
Laguna primaria	186.43	6.61	106.47	
Laguna secundaria	106.29	6.39	58.71	
		COT	376.54	

De acuerdo a los valores de DBO₅ en el estudio realizado por Alvarado & Villanueva en 2016, en el STAR de Somoto, el aporte de carga orgánica per cápita en el afluente es de 45.89 g DBO₅/hab/día, considerando este resultado como indicador para futuros diseños de sistemas de tratamiento de tipo lagunar y para la ejecución de nuevos inventarios de gases de efecto invernadero. Teniendo en cuenta que, debido a los escasos en estudios de este tipo en Nicaragua, el PIENSA 2005, en su

inventario de gases de efecto invernadero, consideraba un valor de 42 g DBO₅/hab/día, para esta cabecera departamental.

Grafico 7.- Valores históricos de carga orgánica total en el STAR de Somoto



En el gráfico anterior se observa un aumento en la carga orgánica total de 8.54 kg DBO₅/día, con respecto a los estudios realizados por Alvarado & Villanueva en 2016; Recalcando que esto es debido al incremento de caudal del afluente del STAR. También se debe tener en cuenta que los valores de DBO₅ que se utilizó son iguales, por lo cual la carga orgánica podría haber variado considerablemente en la actualidad.

5.7.2 Determinación de la carga orgánica superficial aplicada

Según Vanegas y Reyes (2017), este modelo consiste en determinar la carga máxima de materia orgánica por unidad de superficie, que puede soportar una laguna en condiciones predominantemente facultativas.

Tabla 24.- Carga superficial máxima

Carga orgánica superficial máxima (Csm)	
Unidad de tratamiento	Resultados
Laguna primaria	387.78 kg. DBO ₅ / Ha-día
Laguna secundaria	387.78 kg. DBO ₅ / Ha-día

Teniendo en cuenta una temperatura en el mes más frío de 21° C.

Tabla 25.- Carga orgánica aplicada real

Carga orgánica superficial aplicada real (Csa)	
Unidad de tratamiento	Resultados
Laguna primaria	499.66 kg. DBO ₅ / Ha-día
Laguna secundaria	114.73 kg. DBO ₅ / Ha-día

De acuerdo a los resultados de la tabla 25, la laguna secundaria recibe una CSA de 114.73 kg. DBO₅/Ha-día, el cual es menor que la CSM; Esto quiere decir que la laguna secundaria todavía no alcanza los valores máximos de carga superficial y funciona correctamente con la carga superficial que actualmente contiene, lo cual la hace trabajar con procesos predominantemente facultativos.

Lo contrario sucede con la laguna primaria la cual su CSA es mayor a la CSM, lo cual la hace requerir de una mayor área para un mejor funcionamiento; Ya que según Vanegas y Reyes (2017), los valores de CSM son inversamente proporcional al dimensionamiento de la laguna, de tal manera que a menor CSM, se requiere de una mayor área de la laguna.

Debido a esto, en la laguna primaria se presenta la acumulación de materias flotantes, la aparición de malos olores y el desarrollo de coloraciones rojizas en su superficie; siendo estos los principales indicadores de un mal funcionamiento en lagunas facultativas, así lo afirma Rolim (1999).

Tabla 26.- Remoción esperada de materia orgánica

Remoción esperada de materia orgánica	
Unidad de tratamiento	Resultados
Laguna primaria	410.55 kg. DBO ₅ / Ha-día
Laguna secundaria	100.18 kg. DBO ₅ / Ha-día

Cabe recalcar, que existe una relación entre la carga orgánica y carga superficial, ya que la primera es el producto de la concentración de DBO₅, en el caudal de las unidades de tratamiento; y la otra es la relación de la concentración de DBO₅, el caudal y la superficie de las lagunas. Especificando que, la carga superficial es el área donde se va a degradar cierta cantidad de la materia orgánica, que está contenida en la laguna.

Se debe tener en cuenta, que uno de los principales factores del aumento en los niveles de carga orgánica, es el crecimiento poblacional y por ende el incremento de las conexiones en el alcantarillado sanitario. Y este es un problema cuando no se tiene certeza de cuanto es la magnitud de ese crecimiento, debido a la carencia de un catastro de usuarios.

5.8 Determinación de gases de efecto invernadero (GEI)

Se consideró únicamente las emisiones de Metano, ya que este es uno de los gases más comunes y de mayor abundancia en los STAR.

5.8.1 Determinación de metano por medio del método de examen

Este método puede usarse para estimar en forma aproximada las emisiones globales de metano procedentes de las aguas residuales domésticas, Representa un método de examen rápido de las estimaciones nacionales, Se incluyen los valores por defecto de los parámetros para poder hacer un cálculo de muestra.

Este método es recomendado para la estimación de metano en países donde se carece de información, debido a la falta de ejecución de inventarios de GEI.

Tabla 27.- Emisión de metano por el método de examen

Unidades de tratamiento	Población	Carga orgánica (D)	Fracción de DBO5 que se sedimenta (SBF)	Factor de emisión (FE)	Fracción de DBO5 en lodos (FTA)	Emisión de CH ₄
Tanque Imhoff	4,606 hab	45.89 g DBO ₅ /hab/día	0.5	0.60 g CH ₄ /g DBO ₅	0.8	18,515.12 kg CH ₄ /año
Laguna primaria	4,606 hab	23.12 g DBO ₅ /hab/día	0.5	0.60 g CH ₄ /g DBO ₅	0.8	9,326.89 kg CH ₄ /año
Laguna secundaria	4,606 hab	12.75 g DBO ₅ /hab/día	0.5	0.60 g CH ₄ /g DBO ₅	0.8	5,143.14 kg CH ₄ /año
TOTAL						32,985.15 kg CH₄/año

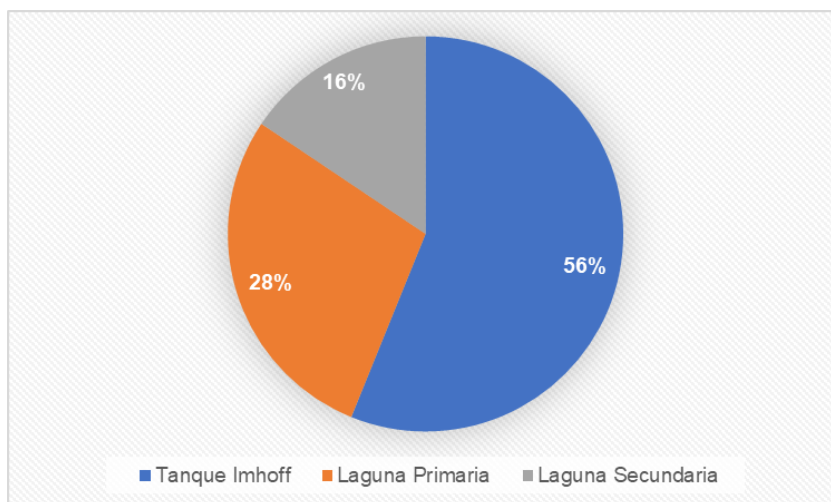
Este método indica que la carga orgánica en la demanda bioquímica de oxígeno por persona (D) tendrá un valor por defecto de 60 g de DBO₅/persona/día; sin embargo,

en esta investigación se hizo el cálculo de carga orgánica per cápita, el cual su valor fue utilizado, para lograr una estimación de metano más acorde a lo que cada unidad de tratamiento en el STAR puede generar.

Más del 50% de la DBO de las aguas residuales domésticas puede atribuirse a los sólidos no disueltos, es por esto que el IPCC implementa un valor de 0.5 para SBF. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que en el STAR de Somoto este valor podría variar, debido a la gran cantidad de sólidos que el sistema preliminar y primario no puede retener, debido a la deficiencia en sus unidades por la falta de mantenimiento.

Además, muchos países estiman que de los lodos presentes en las lagunas para una fracción de la DBO_5 esta se degradara a un 80% de la materia, por esta razón es que el IPCC para el FTA reporta un valor de 0.8. Otro valor que en el STAR podría variar si se conociera la cantidad de lodos en las lagunas, ya que estas actualmente se encuentran con un porcentaje alto de colmatación.

Grafico 8.- Producción anual de metano, por el método de examen



Debido a que los datos utilizados en este método son de mayoría por defecto, los valores de metano en el STAR arrojan cifras elevadas, pero que van acorde a lo que cada fase de tratamiento podría generar; ya que, si comparamos las concentraciones de carga orgánica en el tanque Imhoff con respecto a la de la laguna secundaria, hay una enorme diferencia. Teniendo en cuenta que la materia

orgánica es uno de los principales factores para la generación de gases en los cuerpos de agua.

5.8.2 Determinación del metano por el método de recopilación de datos

De acuerdo al árbol de decisiones, este método es aplicado para los países ubicados en el nivel dos, ya que permite la incorporación de datos de la actividad específicos del país. Lo cual, en los inventarios de metano, da resultados más acordes a las condiciones de la zona de estudios. Dando una mejor fiabilidad para poder ser usados en investigaciones futuras.

- Primeramente, se debió calcular la materia orgánica degradable (TOW), utilizando los valores actuales de la población conectada al STAR, y los valores de materia orgánica per cápita de cada unidad de tratamiento. Además de asegurar que no hubiese industrias conectadas en la red de alcantarillado, para así tomar el valor de corrección de DBO₅ por defecto ($I = 1$).

Cabe mencionar que se utilizó un factor de conversión de g DBO a kg DBO = 0.001.

Tabla 28.- Total de materia degradable (TOW)

Unidades de tratamiento	P	Carga orgánica	I	TOW
Tanque Imhoff	4,606 hab	45.89 g/hab/día	1	77,146.31 kg DBO ₅ /año
Laguna primaria	4,606 hab	23.12 g/hab/día	1	38,862.04 kg DBO ₅ /año
Laguna secundaria	4,606 hab	12.75 g/hab/día	1	21,429.75 kg DBO ₅ /año

Dando como resultados, valores lógicos que van en descendencia de acuerdo a cada unidad de tratamiento. Teniendo que los valores más altos en el tanque Imhoff y laguna primaria, gracias a las grandes cantidades de materia orgánica que

contienen, siendo un indicador de que en esas unidades se logran niveles más altos en la emisión de metano.

- El valor de la fracción de la población del grupo de ingreso (U_i), se tomó el 57.3 % equivalente a las personas distribuidas en el área urbana, según los datos proporcionados por el informe del (PIENSA, 2005) .
- El grado de utilización de las vías de sistema de tratamiento (T_{ij}), según él (IPCC, 2006) en su cuadro 6.5, este valor será de 0.8, agregando que se utilizó el valor de población urbana de bajo ingreso del país de México, siendo este un valor más acorde a la realidad de los países centroamericanos.
- El factor de emisión (EF_j), este resultado se obtuvo de la ecuación N.º 10, *capítulo IV acápite 4.2.6.1.2 inciso a*, donde se calcula el factor de emisión de metano para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas. Ver resultados en la tabla N.º 29:

Tabla 29.- Factor de emisión CH_4

Ecuación	Capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0)	Factor corrector para el metano (MCF_j)	Factor de emisión (EF_j)
$EF_j = B_0 * MCF_j$	0.25 kg CH_4 /kg DBO_5	0.22	0.055 kg CH_4 /kg DBO_5

Con respecto a los valores de B_0 se utilizó los recomendados por el (IPCC, 2006) en su cuadro 6.2: capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) por defecto para las aguas residuales domésticas. Y el valor de MCF_j , en base a juicio de expertos y estudios para sistemas de tratamiento de aguas residuales como los utilizados en Nicaragua: Lagunas de estabilización = 0.22, (PIENSA, 2005).

- Para la cantidad de CH_4 recuperada (R) y el componente orgánico separado (S), dado a que en Nicaragua no se han realizado demasiados estudios sobre inventario de GEI, se desconoce la cantidad de CH_4 que se podría recuperar, ni mucho menos los valores de componentes orgánicos separados (Lodos), por lo que ambos valores fueron despreciados, igualándolos a cero.

En la tabla N. ° 30, se muestran los resultados obtenidos en la emisión de metano (CH₄), de acuerdo al método de recopilación de datos:

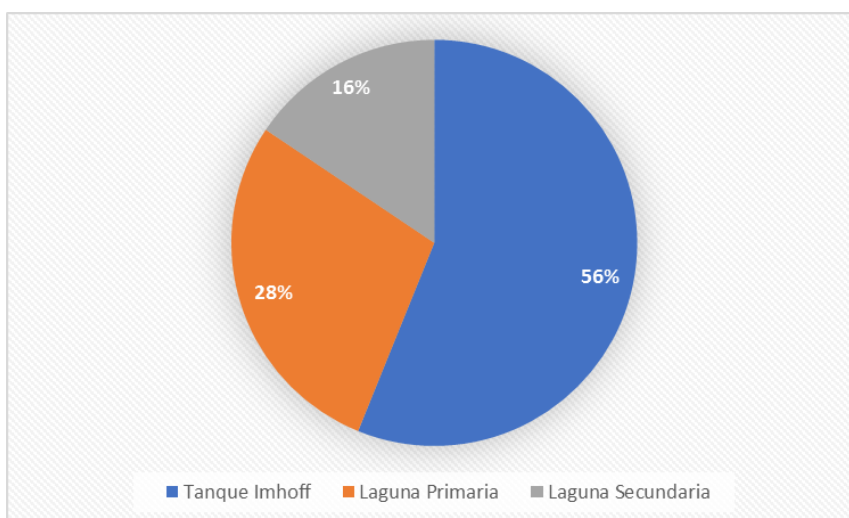
Tabla 30.- Emisión de metano (CH₄) por el método de recopilación de datos

Unidades de tratamiento	Total, de materia orgánica en aguas residuales (TOW)	Componente orgánico separado (S)	Fracción de la población del grupo de ingresos (Ui)	Grado de utilización de vía sistema de tratamiento (Tij)	Factor de emisión (Efj)	Cantidad de CH ₄ recuperada (R)	Emisión de CH ₄
Tanque Imhoff	77,146.31 kg DBO ₅ /año	0.00 kg DBO ₅ /año	0.573	0.8	0.055 kg CH ₄ /kg DBO ₅	0.00 kg CH ₄ /año	1,945.01 kg CH ₄ /año
Laguna primaria	38,862.04 kg DBO ₅ /año	0.00 kg DBO ₅ /año	0.573	0.8	0.055 kg CH ₄ /kg DBO ₅	0.00 kg CH ₄ /año	979.79 kg CH ₄ /año
Laguna secundaria	21,429.75 kg DBO ₅ /año	0.00 kg DBO ₅ /año	0.573	0.8	0.055 kg CH ₄ /kg DBO ₅	0.00 kg CH ₄ /año	540.29 kg CH ₄ /año
						TOTAL	3,465.09 kg CH₄/año

Debido a la mayor cantidad de variables utilizadas en este método, este se vuelve más fiable en cuanto a sus resultados. Recalcando que este método se realizó de acuerdo a la carga orgánica en función de DBO₅, siendo las primeras unidades las que aportaron más emisión de metano debido a sus altos límites de concentración de DBO₅.

Para obtener las emisiones de metano anuales, este se multiplica por un factor de 365 días que corresponde a un año de inventario, esta conversión se realiza en el total de materia orgánica (TOW). A como se detalla en el siguiente gráfico:

Grafico 9.- Emisiones anuales de metano en el STAR de Somoto



En el grafico anterior podemos observar el porcentaje de emision de metano en cada unidad de tratamiento en el STAR, dichos valores van de la mano con las concentraciones de DBO_5 , ya que los mismos fueron calculados en base a este parametro.

Por ende se puede obviar que a mayor cantidad de materia organica, mayor sera la emision de GEI que se obtendra. Esto podemos constatarlo con la carga organica producida por el tanque Imhoff que es de 77,146.31 kg DBO_5 /año, lo cual se obtuvo la mayor cantidad de CH_4 emitido: 1,945.01 kg CH_4 /año, equivalente al 56% del total de emision anual.

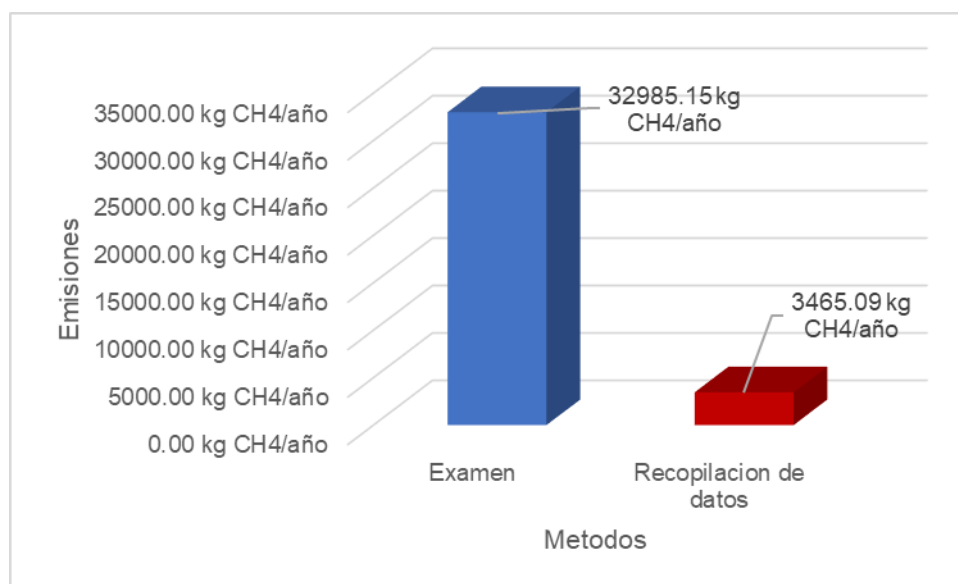
Los porcentajes de emision obtenido en las demas unidades de tratamiento son: laguna primaria 28 % y laguna secunadaria 16%; equivalentes al total de emision anual del STAR nuevo de Somoto que es de 3,465.09 kg CH_4 /año.

Segun el (PIENSA, 2005), los valores de metano anuales emitidos en el departamento de Madriz son de 208,508.10 kg CH_4 /año, que equivalen a una emision anual aproximada para el municipio de Somoto de 55,094.66 kg CH_4 /año. Este valor se diferencia considerablemente con el obtenido por este metodo, ya que en las emisiones el PIENSA incluyen poblaciones rurales, ademas de estimaciones de CH_4 en letrinas, fosas septicas, desechos, entre otros.

5.8.3 Comparación del método de examen y el método de recopilación de datos, para las emisiones de metano

En el siguiente grafico podemos observar la diferencia de emision de metano, mediante la utilizacion de ambos metodos.

Grafico 10.- Emisiones anuales de metano en STAR de Somoto, utilizando ambos métodos



La diferencia en los resultados de emisión de CH₄ utilizando ambos métodos, son significativas, llegando hasta considerarse exagerada una con otra. Esto debido a que el método de examen en su mayoría utiliza factores por defecto dados por la IPCC, despreciando las condiciones reales del sitio de estudio.

Cabe recalcar que este método, es de suma importancia en países que carecen de información, ya que ayuda a facilitar los procedimientos de cálculo para la emisión de metano

Mientras que el método de recopilación de datos trabaja con valores proporcionados por investigaciones en el país de estudio, arrojando datos que tienen coherencia con los factores y situaciones encontradas él susodicho. Por lo que este método viene siendo de más fiabilidad en cuanto a la veracidad de los resultados obtenidos.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO VI

• Conclusiones y Recomendaciones

*“El agua es el principio de todas las cosas.”
-Tales De Mileto.*

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Como resultado de la evaluación de STAR nuevo de Somoto, se determinó la variación del caudal tanto del afluente como del efluente general del STAR, realizando aforos de 24 horas consecutivas durante el periodo comprendido entre el día domingo 19 al día viernes 25 de agosto del 2017, con valores promedios en la entrada de 6.76 L/s y en la salida de 6.17 L/s. Esta variación de caudal se da presuntamente por las pérdidas de agua en el sistema debido a la evaporación, además de los errores que pudieron haberse presentado en la toma de caudales, debido a la falta de un elemento de medición en el canal que conduce al efluente.

En el caso de la determinación del funcionamiento operacional de las lagunas basadas en el periodo de retención teórico, se obtuvieron los valores redondeados de seis días para la laguna primaria y 13 días para la laguna secundaria, de tal manera que el STAR cuenta con un periodo de retención total de 19 días, el cual ayuda a la remoción de cargas contaminantes. Ya que la eficiencia puntual en los valores de coliformes fecales del efluente con respecto a los valores del afluente, es mayor al 90%.

Acorde a lo anterior, podemos decir que a pesar que el STAR cuenta con una eficiencia bastante significativa en la remoción de coliformes fecales, estos no cumplen para poder ser vertidos en el cuerpo receptor, ya que el valor máximo permisible es de $1.00E+03$ NMP/100ml, según lo estipulado en el Decreto 33-95 en su artículo 22. Y aunque hay una semejanza, tampoco se da cumplimiento con el artículo 24 del nuevo Decreto 21-17, ya que este presenta rangos máximos permisibles de $1.00E+05$ NMP/100ml, para el periodo entre el año 2017 al año 2022.

Sin embargo, en la remoción de nutrientes (fósforo total) si cumple de acuerdo a lo establecido en el artículo 26 del nuevo Decreto 21-17, donde el valor máximo permisible es de 10 mg/L, siendo superior al valor promedio del efluente que en este caso es de 2.25 mg/L. Usando como referencia este Decreto, ya que en el 33-95 no

se presentan valores directamente, sino que remite a valores dados por MARENA según las características del cuerpo receptor.

Destacando que gracias a la cantidad considerable de nutrientes contenidas en el agua procedente del STAR, estas pueden ser reutilizada para el riego agrícola. Dándose así un aprovechamiento de las aguas tratadas y contribuyendo de esta manera una menor disposición de carga de contaminantes en el caudal de río Cacaúlí.

Con respecto a la simulación de emisión de gases de efecto invernadero procedentes de las unidades de tratamiento que conforman el STAR, usando el método de recolección de datos que tiene mayor fiabilidad, se determinó un valor total de emisión de metano anual de 3,465.09 kg CH₄/año, lo cual es un indicador de que los sistemas lagunares generan una cantidad significativa de GEI, y esto ayuda a que en el futuro en Nicaragua se puedan diseñar los STAR tomando en consideración estos parámetros de emisión.

6.2 Recomendaciones

Para que el STAR de Somoto tenga sostenibilidad a largo plazo, se deberán de tomar en cuenta lo siguiente:

1. Realizar periódicamente mantenimientos correctivos y preventivos en las unidades de tratamiento preliminar, ya que están presentando fallas considerables con respecto a la retención de sólidos, lo cual viene a generar un mal funcionamiento en las demás unidades de tratamiento.
2. Desarrollar capacitaciones a operadores, ingenieros municipales y responsables en el monitoreo, para que se pueda dar seguimiento de: catastro de conexiones, medición de caudales, cargas, y medición de la acumulación de lodos.
3. Desarrollar planes de ampliación del sistema de tratamiento de forma que pueda balancear su eficiencia conforme al aumento de la población y sus conexiones al alcantarillado.
4. Desarrollar planes de tarifas que puedan cubrir los costos de la operación y mantenimiento de las instalaciones.
5. Fomentar proyectos para la reutilización de los lodos y desechos que son extraídos de las unidades de tratamiento.
6. Realizar catastro de usuarios con el fin de encontrar nuevos usuarios, conexiones ilegales a la red de alcantarillado, y así mismo verificar la conexión de industrias en el sistema.
7. Implementar nuevos mecanismo y tecnologías, para el control de las emisiones de GEI procedentes del STAR.



Líder en Ciencia y Tecnología

CAPÍTULO VII

• Bibliografía



*“Si hay magia en este planeta, está contenida en el agua.”
- Loran Eisely.*

CAPITULO VII. BIBLIOGRAFÍA

7.1 Bibliografía

1. Cortes Martinez, F., Luevanos Rojas, A., Luevanos Rojas, R., Uranga Sifuentes, A. C., Avila Garza, C. M., & Gonzalez Barrios, J. L. (2011). *Diseño de Lagunas de estabilizacion en serie con diferentes configuraciones. (Caso comarcalagunera estado de Durango, Mexico)*. Matanzas, Cuba.
2. Alvarado, R; Villanueva, R. (2016). *Evaluación de la Remoción de Carga Orgánica del Nuevo Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Somoto, Madriz, Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
3. Arthur, J. (1984). *Notes on the desig and operation and waste stabilization ponds in wam climates of Developing countries*. Technical paper Number 7 E.U.A.
4. Brock, T. ,. (2004). *Biología de los microorganismos*. Pearson: Pearson educations.
5. Carles Borrego, X. V. (2002). *Bacterias fotosintéticas del azufre*. Wisconsin, EE.UU: Investigacion y ciencia.
6. CNA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento; Diseño de lagunas de estabilizacion*. Mexico D.F: Comision Nacional del Agua.
7. Cortés, M., Treviño, C., & Tomasini, O. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. Mexico: IMTA.
8. ENACAL. (2005). *Plantas de tratamiento de aguas residuales de nicaragua*. 6/11/2005.
9. ENACAL. (2012). *Diagnostico general de 35 sistemas de tratamiento de agua residual de ENACAL*. Managua, Nicaragua.
10. Espigares, G., & Perez, L. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Granada.: Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones.
11. Gamez, S. (2005). *Aguas residuales, características, tratamiento y calidad de efluentes: lagunas de estabilizacion para el tratamiento de aguas residuales domesticas*. (CIEMA-UNI). CIEMA, UNI: Managua, Nicaragua.
12. García, F., K, F., & M, R. &. (1997). *Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires*. García F., K. Fabrizio, M. Ruffo y P. Scarabicchi. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada dePergamino, Buenos Aires, Argentina. : Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA.

13. González, V. P., García, J. M., & Núñez, M. C. (1999). *Aislamiento y caracterización de bacterias fotótrofas de la familia Rhodospirillaceae a partir de muestras de agua*. Barcelona - España: Universidad Autónoma de Barcelona.
14. Huttunen, J. . (2001a). "Greenhouse Gases in Non- Oxygenated and Artificially Oxygenated Eutrophied Lakes during Winter Stratification". J. Environmental .Quality.
15. INAA, I. N. (1996). *Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Estabilización*. Managua, Nicaragua: Departamento de Calidad del Agua, Gerencia de Normación Técnica.
16. INECC, I. N. (2012). *actualizacion del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990 - 2010, para las categorias de energia y procesos industriales*. Mexico D. F.
17. IPCC. (2001). *Contribution of Working Group I, to the Third Assessment Report of the Cambridge, United Kingdom*. New York, USA: Intergovernmental Panel on Climate Change. The Scientific Basis.
18. IPCC. (2006). *directrices de la ipcc del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Hayama, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES).
19. Korsak, L. (2007). *Curso de tratamiento de aguas residuales*. Managua, Nicaragua.
20. Liikanen, A. (2002b). "Greenhouse Gas and Nutrient Dynamics in Lake Sediment and Water Column in Changing Environment". in: vol. 147 *Kuopio University Publications C, Vol. Ph.D. Thesis Natural and Environmental Sciences*. Kuopio, Finland: university publications.
21. Mara, D. et al . (1992). *Waste Stabilization Ponds: A Design Manual for Eastern Africa Lagoon Technology International*. Leeds, England: Lagoon Technology International.
22. Mara, D., & Cairncross, S. (1989). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture*. Geneva: World Health Organization.
23. MARENA, M. D. (2008). *Segunda Comunicacion nacional ante la convencion de marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climatico*. Managua, Nicaragua.
24. Martinez, G. T. (2002). *factibilidad tecnica-economica del sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Juigalpa*. Managua - nicaragua.
25. Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de las aguas residuales vol.1*. España: Impresos y Revistas, S.A (IMPRESA).

26. NTON. (05 009 – 98). *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense*. Managua - Nicaragua.
27. NTON 05-027 05. (s.f.). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense*.
28. Oakley, S. M. (1998). *Lagunas de Estabilización para Tratamiento de Aguas Negras: Las Experiencias de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala*. Tegucigalpa, Honduras: Red Regional de Agua y Saneamiento de Centro América (RRAS-CA).
29. Oakley, S. M. (2005). *Manual de diseño, construcción, Operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad. lagunas de estabilización de Honduras*. Universidad Estatal de California.
30. OEFA, O. d. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima, Peru.
31. OMS, O. M. (1989). *Guía sobre el uso seguro de aguas residuales en la agricultura y acuicultura*.
32. PIENSA. (2005). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero sector desechos. Managua, Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
33. Ramalho, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverte.
34. Rolim, S. (1999). *Lagunas de estabilización ¿Por qué no usarlas? Seminario Internacional Tratamiento de aguas residuales a través de humedales naturales y artificiales y lagunas de estabilización*. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud.
35. Saenz, F. R. (1994). *modernización y avances en el uso de aguas negras para la irrigación. Intercambio de aguas- Uso urbano y riego*. Washington D.C.
36. Shilton, A., & Harrison, J. (2003). *Guidelines for the Hydraulic Design of Waste Stabilization Ponds*. . New Zealand: Institute of Technology and Engineering, Massey University, Palmerston North.
37. Skolov, A., & Chapman, T. (1981). *Metodos de calculo del balance hídrico; Guía internacional de investigación y métodos*. Madrid, España: Instituto de hidrología de España / unesco.
38. Vanegas, C., & Reyes, R. (2017). *Carga superficial máxima en lagunas de estabilización facultativas de Nicaragua* . Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería. Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA-UNI). .
39. Yanez Cossio, F. (26 de 05 de 1990). *Reducción de organismos patógenos y diseño de lagunas de estabilización en países en desarrollo*. Obtenido de CEPIS: <http://www.cepis.org.pe/bvsacd/scan2/015767/015767.pdf>



Líder en Ciencia y Tecnología

ANEXOS



*"No hay vida sin agua."
- Albert Szent-Gyorgyi.*

Anexo 1.- Aforo de caudales del día domingo

Registros de medición de caudales - día domingo 20/08/17					
Hora	Afluente		Efluente		
	Canaleta parshall		Agua tratada		
	H (cm)	Caudal (L/s)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Caudal (L/s)
06:00 a.m.	10	5.30	4.12	0.485	6.43
07:00 a.m.	12.5	7.41	4.58	0.437	5.79
08:00 a.m.	14	8.78	4.69	0.426	5.65
09:00 a.m.	16	10.73	4.35	0.460	6.09
10:00 a.m.	15.5	10.23	4.29	0.466	6.18
11:00 a.m.	15	9.74	4.32	0.463	6.13
12:00 p.m.	14.5	9.26	4.4	0.455	6.02
01:00 p.m.	14	8.78	4.56	0.439	5.81
02:00 p.m.	14.5	9.26	4.02	0.498	6.59
03:00 p.m.	15	9.74	4.28	0.467	6.19
04:00 p.m.	15	9.74	4.31	0.464	6.15
05:00 p.m.	13	7.86	4.26	0.469	6.22
06:00 p.m.	13	7.86	4.27	0.468	6.21
07:00 p.m.	12	6.97	4.35	0.460	6.09
08:00 p.m.	10.5	5.70	4.2	0.476	6.31
09:00 p.m.	10	5.30	4.12	0.485	6.43
10:00 p.m.	9.5	4.91	4.08	0.490	6.50
11:00 p.m.	8.5	4.15	4.15	0.482	6.39
12:00 a.m.	6	2.46	4.2	0.476	6.31
01:00 a.m.	3.5	1.10	4.98	0.402	5.32
02:00 a.m.	3	0.87	4.15	0.482	6.39
03:00 a.m.	4.5	1.60	4.42	0.452	6.00
04:00 a.m.	6	2.46	4.33	0.462	6.12
05:00 a.m.	7.5	3.44	4.24	0.472	6.25
Caudal promedio		6.40 L/S			6.15 L/S
Caudal total diario		553.15 m³/día			531.22 m³/día

Garganta canaleta 3" → m	0.0762
---------------------------------	--------

Distancia de prueba (m)	2
Ancho del canal (m)	0.53
Altura tirante promedio (m)	0.025
Área de caudal (m²)	0.01325

Anexo 2.- Aforo de caudales del día martes

Registros de medición de caudales - día martes 22/08/17					
Hora	Afluente		Efluente		
	Canaleta parshall		Agua tratada		
	H (cm)	Caudal (L/s)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Caudal (L/s)
06:00 a.m.	10	5.30	4.08	0.490	6.50
07:00 a.m.	13	7.86	4.53	0.442	5.85
08:00 a.m.	17	11.75	4.5	0.444	5.89
09:00 a.m.	21	16.13	4.01	0.499	6.61
10:00 a.m.	13.5	8.32	4.15	0.482	6.39
11:00 a.m.	11.5	6.54	4.22	0.474	6.28
12:00 p.m.	12.5	7.41	4.35	0.460	6.09
01:00 p.m.	14.5	9.26	4.53	0.442	5.85
02:00 p.m.	15.5	10.23	3.98	0.503	6.66
03:00 p.m.	16.5	11.24	4.25	0.471	6.24
04:00 p.m.	14.5	9.26	4.05	0.494	6.54
05:00 p.m.	13	7.86	4.26	0.469	6.22
06:00 p.m.	12.5	7.41	4.27	0.468	6.21
07:00 p.m.	12	6.97	4.02	0.498	6.59
08:00 p.m.	10	5.30	4.2	0.476	6.31
09:00 p.m.	10	5.30	4.01	0.499	6.61
10:00 p.m.	9	4.53	4.06	0.493	6.53
11:00 p.m.	8	3.79	4.16	0.481	6.37
12:00 a.m.	6	2.46	4.22	0.474	6.28
01:00 a.m.	3	0.87	4.62	0.433	5.74
02:00 a.m.	3	0.87	4.2	0.476	6.31
03:00 a.m.	4	1.34	4.55	0.440	5.82
04:00 a.m.	6	2.46	4.58	0.437	5.79
05:00 a.m.	7	3.10	4.2	0.476	6.31
Caudal promedio		6.48 L/S			6.25 L/S
Caudal total diario		560.00 m³/día			539.87 m³/día

Garganta canaleta 3" → m	0.0762
---------------------------------	--------

Distancia de prueba (m)	2
Ancho del canal (m)	0.53
Altura tirante promedio (m)	0.025
Área de caudal (m²)	0.01325

Anexo 3.- Aforo de caudales del día jueves

Registros de medición de caudales - día jueves 24/08/17					
Hora	Afluente		Efluente		
	Canaleta parshall		Agua tratada		
	H (cm)	Caudal (L/s)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Caudal (L/s)
06:00 a.m.	9.5	4.91	4.35	0.460	6.09
07:00 a.m.	13	7.86	4.46	0.448	5.94
08:00 a.m.	15	9.74	4.48	0.446	5.92
09:00 a.m.	17	11.75	4.18	0.478	6.34
10:00 a.m.	15	9.74	4.02	0.498	6.59
11:00 a.m.	14.5	9.26	4.46	0.448	5.94
12:00 p.m.	14	8.78	4.56	0.439	5.81
01:00 p.m.	14	8.78	4.53	0.442	5.85
02:00 p.m.	16	10.73	4.05	0.494	6.54
03:00 p.m.	15	9.74	4.36	0.459	6.08
04:00 p.m.	13	7.86	4.25	0.471	6.24
05:00 p.m.	12	6.97	4.56	0.439	5.81
06:00 p.m.	11.5	6.54	4.43	0.451	5.98
07:00 p.m.	11	6.12	4.26	0.469	6.22
08:00 p.m.	10.5	5.70	4.65	0.430	5.70
09:00 p.m.	10	5.30	4.15	0.482	6.39
10:00 p.m.	9	4.53	4.1	0.488	6.46
11:00 p.m.	8	3.79	4.55	0.440	5.82
12:00 a.m.	6	2.46	4.53	0.442	5.85
01:00 a.m.	5	1.87	4.02	0.498	6.59
02:00 a.m.	4	1.34	4.36	0.459	6.08
03:00 a.m.	3.5	1.10	4.35	0.460	6.09
04:00 a.m.	6	2.46	4.68	0.427	5.66
05:00 a.m.	7.5	3.44	4.48	0.446	5.92
Caudal promedio		6.28 L/S			6.08 L/S
Caudal total diario		542.77 m³/día			525.30 m³/día

Garganta canaleta 3" → m	0.0762
--------------------------	--------

Distancia de prueba (m)	2
Ancho del canal (m)	0.53
Altura tirante promedio (m)	0.025
Área de caudal (m ²)	0.01325

Anexo 4.- Caudales promedios

Afluente			
Días	Caudal Max	Caudal Med	Caudal Min
Domingo	10.73 L/s	7.19 L/s	0.87 L/s
Martes	16.13 L/s	6.75 L/s	0.87 L/s
Jueves	11.75 L/s	6.33 L/s	1.10 L/s

Caudal medio diario	
L/s	m ³ /día
6.76 L/s	583.74

Efluente			
Días	Caudal Max	Caudal Med	Caudal Min
Domingo	6.57 L/s	6.18 L/s	5.32 L/s
Martes	6.66 L/s	6.29 L/s	5.74 L/s
Jueves	6.59 L/s	6.03 L/s	5.70 L/s

Caudal medio diario	
L/s	m ³ /día
6.17 l/s	533.06

Anexo 5.- Resultados de los análisis de laboratorio

DOMINGO 20 DE OGOSTO DEL 2017			
UNIDADES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	Fosforo total
Afluente	1.60E+07 NMP/100ml	4.00E+05 NMP/100ml	3.543 mg/L
Entrada laguna primaria	9.20E+06 NMP/100ml	2.80E+05 NMP/100ml	3.831 mg/L
Entrada laguna secundaria	5.40E+06 NMP/100ml	4.70E+05 NMP/100ml	5.806 mg/L
Efluente	3.50E+05 NMP/100ml	1.10E+04 NMP/100ml	1.905 mg/L

MARTES 22 DE OGOSTO DEL 2017			
UNIDADES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	Fosforo total
Afluente	1.10E+07 NMP/100ml	1.70E+06 NMP/100ml	5.838 mg/L
Entrada laguna primaria	9.20E+07 NMP/100ml	2.40E+07 NMP/100ml	1.713 mg/L
Entrada laguna secundaria	2.40E+07 NMP/100ml	1.30E+07 NMP/100ml	2.274 mg/L
Efluente	4.90E+05 NMP/100ml	1.70E+05 NMP/100ml	2.515 mg/L

JUEVES 24 DE OGOSTO DEL 2017			
UNIDADES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	Fosforo total
Afluente	1.60E+07 NMP/100ml	1.60E+06 NMP/100ml	4.570 mg/L
Entrada laguna primaria	1.60E+07 NMP/100ml	2.80E+06 NMP/100ml	2.226 mg/L
Entrada laguna secundaria	5.40E+06 NMP/100ml	2.20E+06 NMP/100ml	5.950 mg/L
Efluente	3.30E+05 NMP/100ml	1.70E+05 NMP/100ml	2.323 mg/L

Anexo 6.- Resultados promedio de los análisis de laboratorio

MONITOREOS DEL 20 AL 25 DE AGOSTO DEL 2017			
UNIDADES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS (VALORES PROMEDIOS)		
	Coliformes totales	Coliformes fecales	Fosforo total
Afluente	1.43E+07 NMP/100ml	1.23E+06 NMP/100ml	4.650 mg/L
Entrada laguna primaria	3.91E+07 NMP/100ml	9.03E+06 NMP/100ml	2.590 mg/L
Entrada laguna secundaria	1.16E+07 NMP/100ml	5.22E+06 NMP/100ml	4.677 mg/L
Efluente	3.90E+05 NMP/100ml	1.17E+05 NMP/100ml	2.248 mg/L

A continuación, se muestran los resultados de coliformes fecales / totales y de fosforo total, realizados en los laboratorios del PIENSA.

Anexo 7.- Resultados de los análisis de coliformes fecales/totales y fosforo total, del día domingo 20 de agosto del año 2017



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0139-1
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN:		TELEFONO
Marcos Betanco			Somoto		NR
ATENCIÓN:			CARGO:	EMAIL:	CELULAR
Marcos Betanco			Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
21/08/2017	21/08/2017	25/08/2018	30/08/2017	2884	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			20/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Afluente		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0657		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	PUNTO DE MUESTREO 1		
			>1.6*10 ⁷		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	4.0*10 ⁵		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95. Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


Ph.D. Ing. Leandro Parra
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006458

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0139-2
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
21/08/2017	21/08/2017	25/08/2018	30/08/2017	2884	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			20-21/08/2017 24hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Primaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0658		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 2		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	9.2*10 ⁶		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	2.8*10 ⁵		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95. Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

COORDINACIÓN TÉCNICA
Ph.D. Ing. Leandro Paramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006459

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0139-3
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
21/08/2017	21/08/2017	25/08/2018	30/08/2017	2884	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			20-21/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0659		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 3		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	5.4*10 ⁶		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	4.7*10 ⁵		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95. Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


Ph.D. Ing. Leandrol Parra
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006460

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0139-4
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
21/08/2017	21/08/2017	25/08/2018	30/08/2017	2884	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			20-21/08/2017 24hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Efluente		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Efluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0660		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 4		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	3.5*10 ⁵		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.1*10 ⁴		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95. Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


PhD. Ing. Leandro Páramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006461

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-072

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco			Somoto		NR
ATENCIÓN:			CARGO	EMAIL	Célular
Marcos Betanco			Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
21/08/2017	22/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2884	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			20-21/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por			Marcos Betanco / Jefferson Larios		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Afluente STAR		
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación			STAR de Somoto		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1708-0657		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art. No. *25
4500-C	Fósforo Total	mg/l	3.543		NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. ***Decreto 33-95** **EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006429

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-072

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL	Célular	
Marcos Betanco	Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
21/08/2017	22/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2884
Fecha y Hora de Muestreo		20-21/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por		Marcos Betanco / Jefferson Larios		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Entrada Laguna Primaria		
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1708-0658		
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 2	
4500-C	Fósforo Total	mg/l	3.831	
				Art. No. *25
				NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006430

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-072

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL		Célular
Marcos Betanco	Estudiante	marckbetha@gmail.com		8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
21/08/2017	22/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2884
Fecha y Hora de Muestreo		20-21/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por		Marcos Betanco / Jefferson Larios		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1708-0659		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible Art. No. *25
4500-C	Fósforo Total	mg/l	5.806	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 **EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006431

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-072

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL	Célular	
Marcos Betanco	Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:		NUMERO DE MUESTRAS
21/08/2017	22/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2884
Fecha y Hora de Muestreo			20-21/08/2017 ; 24 horas	
Muestreado por			Marcos Betanco / Jefferson Larios	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			Efluente	
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Efluente	
Observaciones de Ubicación			STAR de Somoto	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1708-0660	
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 4	
4500-C	Fósforo Total	mg/l	1.905	
				Art. No. *25
				NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


Ph.D. Leonardo Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006432

Anexo 8.- Resultados de los análisis de coliformes fecales/totales y fosforo total, del día martes 22 de agosto del año 2017



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0142-1
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELEFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
23/08/2017	23/08/2017	27/08/2017	31/08/2017	2888	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			22/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Afluente		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0667		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 1		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	1.1*10 ⁷		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.7*10 ⁶		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

PhD. Ing. Leonardo Páramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006447

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS				LA-MB-1708-0142-2	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marcosbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
23/08/2017	23/08/2017	27/08/2017	31/08/2017	2888	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			22/-23/08/2017 24 hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Primaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0668		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 2		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	9.2*10 ⁷		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	2.4*10 ⁷		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Metodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


PhD. Ing. Leandro Parame
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006448

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0142-3
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marcosbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
23/08/2017	23/08/2017	27/08/2017	31/08/2017	2888	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			22/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluyente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0669		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 3		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	2.4*10 ⁷		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.3*10 ⁷		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A: Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


PhD. Ing. Leonardo Paramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006449

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0142-4
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
23/08/2017	23/08/2017	27/08/2017	31/08/2017	2888	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo		22-23/08/2017 24 hrs			
Supervisor y muestreo de campo		Marcos Betanco			
Muestreado por		Marcos Betanco			
Fuente		Efluente			
Tipo de muestra		Agua Residual Compuesta Efluente			
Coordenadas		NR			
Observaciones de Ubicación		Star de Somoto			
Codificación PIENSA		LA-1708-0670			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 4		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	4.9*10 ⁵		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.7*10 ⁵		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


PhD. Ing. Leandro Parra
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006450

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-073

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
Marcos Betanco			Somoto		NR
ATENCIÓN:			CARGO	EMAIL	Célular
Marcos Betanco			Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
23/08/2017	23/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2888	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			22-23/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por			Marcos Betanco / Norving Pravia		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Afluente		
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación			STAR Somoto		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1708-0667		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art. No. *25
4500-C	Fósforo Total	mg/l	5.838		NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 **EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Paramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006433

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-073

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL		Célular
Marcos Betanco	Estudiante	marckbetha@gmail.com		8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
23/08/2017	23/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2888
Fecha y Hora de Muestreo		22-23/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por		Marcos Betanco / Norving Pravia		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Entrada Laguna Primaria		
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1708-0668		
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 2	
4500-C	Fósforo Total	mg/l	1.713	
				Art. No. *25
				NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. ***Decreto 33-95** EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


PhD. Leandro Paramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006434

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-073

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
23/08/2017	23/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2888
Fecha y Hora de Muestreo		22-23/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por		Marcos Betanco / Norving Pravia		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1708-0669		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *25
4500-C	Fósforo Total	mg/l	PUNTO DE MUESTREO 3 2.274	NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. ***Decreto 33-95** **EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006435

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-073

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
23/08/2017	23/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2888	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo		22-23/08/2017 ; 24 horas			
Muestreado por		Marcos Betanco / Norving Pravia			
Supervisor de Muestreo en Campo		NR			
Fuente		Efluente			
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Efluente			
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto			
Coordenadas		NR			
Codificación PIENSA		LA-1708-0670			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible	
4500-C	Fósforo Total	mg/l	2.515	Art. No. *25	
			PUNTO DE MUESTREO 4	NE	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Paramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006436

Anexo 9.- Resultados de los análisis de coliformes fecales/totales y fosforo total, del día jueves 24 de agosto del año 2017



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0146-1	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco			Somoto		NR	
ATENCIÓN:			CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco			Estudiante	marckbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:				
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017		04/09/2017	2893	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			24-25/08/2017 24 hrs			
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco			
Muestreado por			Marcos Betanco			
Fuente			Afluente			
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente			
Coordenadas			NR			
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto			
Codificación PIENSA			LA-1708-0675			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION			Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 1			
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	>1.6*10 ⁷			NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.6*10 ⁷			<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

PhD. Ing. Leandro Páramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

0006442. Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0146-2
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:		CELULAR
Marcos Betanco		Estudiante	marcosbetha@gmail.com		85411553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	04/09/2017	2893	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			24/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Primaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0676		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 2		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	>1.6*10 ⁷		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	2.8*10 ⁶		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

PhD. Ing. Leandro Rarama
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

0006445

LABORATORIO AMBIENTAL


CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0146-3
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marcosbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	04/09/2017	2893	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			24/08/2017 24 hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0677		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 3		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	5.4*10 ⁶		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	2.2*10 ⁶		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



PhD. Ing. Leandro Paramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS					LA-MB-1708-0146-4
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELÉFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Marcos Betanco		Estudiante	marcosbetha@gmail.com	85411553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	04/09/2017	2893	Cuatro(4)
Fecha y Hora de Muestreo			24/08/2017 24:00hrs		
Supervisor y muestreo de campo			Marcos Betanco		
Muestreado por			Marcos Betanco		
Fuente			Efluente		
Tipo de muestra			Agua Residual Compuesta Efluente		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Star de Somoto		
Codificación PIENSA			LA-1708-0678		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art.22*
			PUNTO DE MUESTREO 4		
9221B	Coliforme total	NMP/100mL	3.3*10 ⁵		NE
9221E	Coliforme fecal	NMP/100mL	1.7*10 ⁵		<10 ³

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta, P-A:Presencia-Ausencia, NE: No Especifica en la Norma

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

*Decreto No. 33-95: Disposiciones para el Control de la Contaminación Proveniente de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas, Industriales y Agropecuarias.

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

PhD. Ing. Leandro Barahona
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

0006446

Declaro que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.
Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-074

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO	
Marcos Betanco		Somoto		NR	
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular	
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2893	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			24-25/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por			Marcos Betanco / Jose Antonio Blandon		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Afluente		
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación			STAR Somoto		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1708-0675		
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 1		
4500-C	Fósforo Total	mg/l	4.570		
					NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006437

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-074

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco			Somoto		NR
ATENCIÓN:			CARGO	EMAIL	Célular
Marcos Betanco			Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2893	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			24-25/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por			Marcos Betanco / Jose Antonio Blandon		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Entrada Laguna Primaria		
Tipo de Muestra			Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación			STAR de Somoto		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1708-0676		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Rango o valor máximo permisible
			PUNTO DE MUESTREO 2		
4500-C	Fósforo Total	mg/l	2.226		Art. No. *25
					NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. ***Decreto 33-95 EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente


Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006438

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-074

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Marcos Betanco		Somoto		NR
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Marcos Betanco		Estudiante	marckbetha@gmail.com	8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2893
Fecha y Hora de Muestreo		24-25/08/2017 ; 24 horas		
Muestreado por		Marcos Betanco / Jose Antonio Blandon		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Entrada Laguna Secundaria		
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Afluente		
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1708-0677		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible
4500-C	Fósforo Total	mg/l	PUNTO DE MUESTREO 3 5.950	
				Art. No. *25
				NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro **NE**= No especificada en la Norma **NR**= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 **EPA** = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006439

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-AR1708-074

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA Marcos Betanco		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento Somoto		TELÉFONO NR	
ATENCIÓN: Marcos Betanco		CARGO Estudiante	EMAIL marckbetha@gmail.com		CÉLULAR 8541-1553
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
25/08/2017	25/08/2017	29/08/2017	30/08/2017	2893	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo		24-25/08/2017 ; 24 horas			
Muestreado por		Marcos Betanco / Jose Antonio Blandon			
Supervisor de Muestreo en Campo		NR			
Fuente		Efluente			
Tipo de Muestra		Agua Residual Compuesta Efluente			
Observaciones de Ubicación		STAR de Somoto			
Coordenadas		NR			
Codificación PIENSA		LA-1708-0678			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Rango o valor máximo permisible Art. No. *25
			PUNTO DE MUESTREO 4		
4500-C	Fósforo Total	mg/l	2.323		
NE					

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. *Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por El Cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0006440